

Rihard Romka

## **Datakeskusten hukkalämmön hyödyntäminen Pohjois-Pohjanmaalla**

# **Datakeskusten hukkalämmön hyödyntäminen Pohjois-Pohjanmaalla**

Rihard Romka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Energiatekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikka

---

Tekijät: Rihard Romka

Opinnäytetyön nimi: Datakeskusten hukkalämmön hyödyntäminen Pohjois-Pohjanmaalla

Työn ohjaajat: Jukka Ylikunnari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 48

---

Tämän työn tavoitteena oli kartoittaa Pohjois-Pohjanmaan datakeskukset ja selvittää niiden energiahuollon tilanne sekä mahdolliset hukkalämmön käyttökohdet ja hyödyntämistekniikat. Tarkoituksena oli myös selvittää datakeskuksissa syntyvän hukkalämpöenergian määrä, käyttömahdollisuudet ja niiden kannattavuudet sekä verrata ratkaisujen hiilidioksidipäästöjä. Työn on tarkoitus toimia alustavana tietopankkina Pohjois-Pohjanmaan datakeskuksista.

Opinnäytetyön teko alkoi datakeskustekniikkaan tutustumisella sekä selvittämällä Pohjois-Pohjanmaan alueella olevat datakeskukset ja niiden sijainnit. Selvitys rajattiin kaupallisia palveluita tarjoaviin datakeskuksiin. Lisäksi selvitettiin Pohjois-Pohjanmaan maantieteelliset realiteetit koskien datakeskusteollisuutta sekä tutkittiin sopivia hukkalämmön hyödyntämiskohteita ja potentiaalisia yritys-symbioosi- sekä kiertotalousmahdollisuuksia.

Selvitystyön tuloksena kävi ilmi, että Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevat datakeskukset ovat pääasiassa vuokratiloissa toimivia PK-yrityksiä, jotka eivät käytä hukkalämpöä hyödyksi. Datakeskuhukkalämmön käyttö kaukolämpötoiminnassa kyseisellä alueella ei ainakaan tällä hetkellä ole kannattavaa. Erilaiset hukkalämmön käyttökohteet kiertotaloudellisessa toiminnassa esimerkiksi lähilämmön tuotannossa osoittautuivat realistisimmiksi vaihtoehdoiksi.

---

Asiasanat: datakeskus, hukkalämpö, energia, kiertotalous, Pohjois-Pohjanmaa

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Energy technology

---

Author(s): Rihard Romka

Title of thesis: Utilization of data center waste heat in Northern Ostrobothnia

Supervisor(s): Jukka Ylikunnari

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018

Pages: 48

---

The objective of this thesis was to map the data centers of Northern Ostrobothnia and to examine their energy usage and possible utilization of waste heat produced in the facilities as well as the potential technologies applied. The goal was to investigate the amount of waste heat produced in data centers, potential applications and the CO<sup>2</sup>-effects of the solutions. The thesis is to serve as an information bank and guide to future plans in the NOISS-project regarding waste heat and data centers.

The work on the thesis began by studying data center technology as well as listing the data centers in Northern Ostrobothnia and mapping their locations. The study was limited to data centers providing commercial services. The geographical factors relating to the data center industry were examined in addition to waste heat applications, potential industrial symbiosis and circular economy options.

It was discovered that the data centers in Northern Ostrobothnia are mostly small companies working out of rental facilities that do not take advantage of their waste heat.

The utilization of waste heat in district heating in Northern Ostrobothnia with the current realities is not cost-effective. The different applications of waste heat in circular economy applications turned out to be the most realistic options.

---

Keywords: data center, waste heat, energy, circular economy, Northern Ostrobothnia

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	7
2 DATAKESKUKSET SUOMESSA	9
2.1 Luokittelu	9
2.2 Tekniikka	10
2.2.1 Sähkönjakelujärjestelmä	11
2.2.2 Jäähdytysjärjestelmä	12
2.2.3 IT-järjestelmä	18
2.2.4 Valaistus ja muut	19
2.2.5 Konesalin energiatehokkuuden mittarit	20
3 YMPÄRISTÖTEKIJÄT	23
3.1 Maantiede	24
3.2 Yhteydet	26
3.3 Energia	26
3.3 Vakaus	27
3.4 Ympäristötekijät Suomessa	27
4 HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN JA TALTEENOTTO	29
4.1 Lämpö	30
4.1.1 Lämpöpumput	30
4.1.2 Kaukolämpö	32
4.2 Sähköntuotanto	33
4.2.1 ORC-prosessi	34
4.2.2 Patterien lataaminen lämmöllä	34
4.3 Jäähdytys	35
4.3.1 Absorptiojäähdytysprosessi	36
4.3.2 Adsorptiojäähdytysprosessi	36
4.4 Matala-asteisia lämpöjä hyödyntävä teollisuus	36

4.4.1 Kuivaus	37
4.4.2 Kasvihuoneet	37
4.4.3 Kalanviljely	38
4.5 Kaupalliset mahdollisuudet	39
4.6 CO <sub>2</sub> -vaikutukset	40
5 POHJOIS-POHJANMAAN DATAKESKUSTEN KARTOITUS	42
5.1 Ruskon konesali	44
6 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	48

# 1 JOHDANTO

Tavoitteena oli tehdä pohjatyö, jota voidaan tulevaisuudessa käyttää tietopankkina NOISS-hankeessa (Northern Ostrobothnia Industrial Symbiosis). Hankkeen takana olivat Oulun yliopisto, CEE sekä OAMK. NOISS-hankkeen tavoitteena oli tunnistaa teollisten symbioosien mahdollisuudet Pohjois-Pohjanmaalla, ottaa vakaakäyttöiset resurssit tehokkaampaan käyttöön ja tukea yrityssymbioosien syntyä. Työ tilattiin CEE:lle ja tehtiin Oulun yliopiston tiloissa. Tässä työssä keskityttiin datakeskusten hukkalämmön potentiaaliin käyttökohteisiin.

Datakeskus on tila, johon on keskitetty organisaation IT-toiminta ja laitteet. Datakeskus varastoi, hallinnoi ja käsittelee organisaation dataa ja on näin nykypäivänä elintärkeä organisaation päivittäisten toimintojen sujuvuuden kannalta. Palvelinten ja niiden sisältämän datan turvallisuus ja laitteiden luotettavuus ovatkin organisaatioille suurimpia prioriteetteja.

Vaikka palvelinkeskusten ratkaisut ovat yksilöllisiä, voidaan ne jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään: verkko-orientoituneisiin ja yrityskeskeisiin. Verkko-orientoituneet datakeskukset tukevat tyypillisesti vain muutamia sovelluksia, ovat selainpohjaisia ja palvelevat suurta määrää asiakkaita. Yrityskeskeiset datakeskukset palvelevat taas rajatun määrän asiakkaita mutta tarjoavat myös sovelluksia joko valmiina tai asiakkaan tarpeisiin räätälöitynä.

Kuten useimmat teknologiateollisuuden alat, datakeskuksetkin elävät murroksen aikaa. Tämä on johtanut siihen, että datakeskusten teknologian on oltava dynaamista ja skaalattavaa. Informaation määrä maailmassa kasvaa jatkuvasti, ja varsinkin tulevan IOT (Internet of things) vallankumouksen ja sen mahdollistavan 5G-verkon myötä tallennustilan ja sujuvan informaatiovirran kulun turvaamisen tarve kasvaa jatkuvasti. Internetliikenteen on ennustettu kasvavan maailmassa 3,3 Zettavuun ( $3,3 \cdot 10^7$  Gigatavua). Verkkoliikenteen kasvun tarpeisiin

on Eurooppaan arvioitu syntyvän 60 uutta suuremman luokan datakeskusta.  
(Finland's Giant Data Center Opportunity. 2015.)



## 2 DATAKESKUKSET SUOMESSA

MarketVisio Gartnerin tekemän Konesalit Suomessa 2012 -tutkimuksen mukaan Suomessa on noin 2800 konesaliksi laskettavaa tilaa. Yli 5 MW:n suuruisia konesaleja on noin 5 kappaletta, 1,25 - 5 MW konesaleja 30, pieniä noin 350 kW:n 90 kappaletta ja alle 100 kW:n laitetoja noin 2700. (Konesalit Suomessa 2012.)

Uusia suurempia datakeskuksia kuitenkin houkutellaan jatkuvasti Suomeen. Tällaisia ovat mm. Googlen Haminan datakeskus (tehontarve 75 MW laajennusten jälkeen), venäläisen hakukoneyhtiö Yandexin palvelinkeskus Mäntsälässä (15 MW ensimmäisessä vaiheessa) sekä Soneran Helsinkiin rakenteilla oleva 24 MW:n datakeskus.

### 2.1 Luokittelu

Kuten edellä on mainittu, datakeskukset voidaan jakaa kahteen ryhmään käyttötarkoituksen mukaan. Colocation -keskukset tarjoavat yrityksille ja yksityishenkilöille vuokralle palvelimia, kaistatilaa omissa tiloissaan. Etenkin pienille ja keski-suurille yrityksille on houkuttelevampaa taloudellisesta näkökulmasta vuokrata tallennustilaa oman konesalin rakentamisen ja ylläpidon sijaan. Toinen ryhmä on suurten teknologiayritysten datakeskukset, jotka palvelevat lähinnä yritysten omia tarpeita.

On olemassa kuitenkin Uptime Instituten kehittämä sertifikaattijärjestelmä, jolla voidaan luokitella datakeskukset niiden infrastruktuurin ja saatavuuden (kuinka kauan laitesali on toiminnassa vuoden aikana) perusteella. Mitä suuremman saatavuuden infrastruktuuri pystyy takaamaan, sitä korkeampaan luokkaan datakeskus luokitellaan. Alla olevassa taulukossa 1 esitellään tasoluokitukset.

*TAULUKKO 1 Uptime Instituten tasoluokitukset.*

Taso	Saatavuus/vuosi	Seisokkiaika
1	99,671 %	≤ 28,8 tuntia
2	99,741 %	≤ 22 tuntia
3	99,982 %	≤ 1,6 tuntia
4	99,995 %	≤ 0,4 tuntia

Saatavuus määritellään prosentteina vuodesta.

**Taso 1:** Yksi lähetystaajuus, ei varavoimavarmennusta (ei-redundantti), yksinkertainen sähkönsyöttö, vuosittainen saatavuus 99,671 %.

**Taso 2:** Taso 1 + varavoimavarmennus, vuosittainen saatavuus 99,741 %

**Taso 3:** Taso 1 + Taso 2 + monta sähkönsyöttöä ja useampi lähetystaajuus. Vuosittainen saatavuus 99,982 %

**Taso 4:** Korkein luokitus. Taso 1 + Taso 2 + Taso 3 + kaikki komponentit viankestäviä mukaan lukien lähetystaajuuDET, varastot, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmät ja palvelimet. Datakeskus kestää ainakin yhden suunnitteleman häiriötilanteen. Tiukin kulunvalvonta. Vuosittainen saatavuus 99,995 %. (Data Center Site Infrastructure Tier Standard. 2010.)

## 2.2 Tekniikka

Datakeskuksen tekniikkaan ja infrastruktuuriin kuuluvat sähkö-, jäähdytys- sekä IT-järjestelmät ja valaistus. Sähkö- ja IT-laitteiden kuluttamasta sähköenergiasta suurin osa muuttuu lämmöksi. Ilmastointijärjestelmän tehtävänä on huolehtia

lämpökuormien pysymisestä kohtuullisina. Jäähdytykseen kuluva energia voi olla jopa puolet koko kompleksin sähkönkulutuksesta, jäähdytyksen puolelta löytyy myös suurin energiansäästöpotentiaali. Eniten sähköä kuluttavat kuitenkin IT-laitteet, mutta niiden sähkönkulutusta on vaikea säädellä.

Yksi datakeskuksen tekniikkaan viitattaessa käytettävä termi on redundanssi. Redundanssilla tarkoitetaan talotekniikassa varmennusastetta eli esimerkiksi virtalähteen duplikaatiota varmuuden vuoksi. Duplikoituja tai kahdennettuja laitteita voidaan kuvata kirjaimella N, jonka perään tulee numero, joka kertoo laitteiden määrän. Jos järjestelmään on esimerkiksi lisätty tueksi toinen virtalähde, kuvataan redundanssia termillä N2. Jos taas käytössä olevia virtalähteitä on kaksi ja niiden tueksi on asennettu varmuudeksi kolmas virtalähde, kuvataan järjestelmää termillä 2N+1. Redundanssi voi siis vaihdella eri järjestelmän osilla. (Energiatehokas konesali. 2011.)

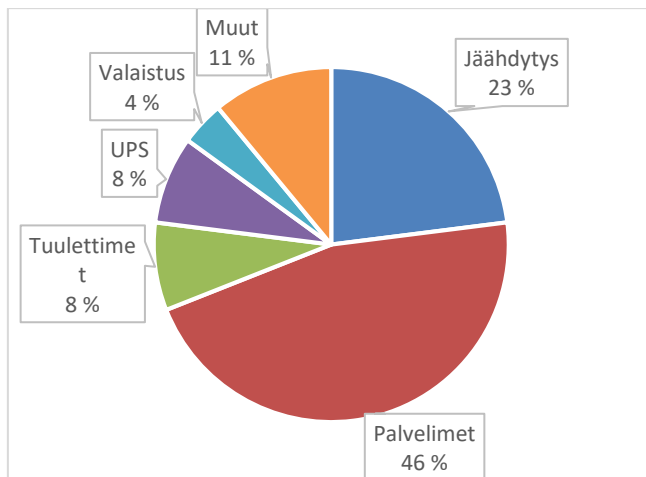
### **2.2.1 Sähkönjakelujärjestelmä**

Sähkönjakelu koostuu varavoimajärjestelmistä, muuntajista, akuista, generaattoreista sekä UPS (Uninterrupted Power Supply) -järjestelmästä. Tärkeää on, että palvelimet toimivat tarvittaessa yhdellä virtalähteellä laitteisiin mahdollisesti tulevien vikojen ja häiriöiden vuoksi. Jotta häiriöt IT-laitteiden toiminnassa voidaan minimoida, on datakeskuksissa yleensä kaksi syöttöä: päävirran syöttö verkosta sekä varavirran syöttö generaattoreilta. UPS-laitteilla voidaan tasata virtapiikkejä. Suuremmat datakeskukset kytketään yleensä valtakunnalliseen 110 kV:n siirtoverkkoon, joka muunnetaan 10 - 20 kV:n jännitteeksi datakeskuksen sisällä. IT-laitteistoon menevä jännitekiskosto on yleensä kolmivaiheinen 400 V:n voimavirtakisko.

Palvelinkeskuksen verkkosuunnitelman on oltava redundanttinen. Keskuksen redundanttisuus lisää laitekustannuksia mutta huolehtii siitä, että keskus toimii mahdollisissa vikatilanteissa ja vaikuttaa näin häiriötilanteen luomaan paineeseen ja asiakastytyvyyteen.

Varavoimakapasiteetin tuottaminen generaattoreilla on häiriötilanteiden vaikutusten minimoimiseksi etenkin suuremmissa datakeskuksissa järkevää. Varavoimakapasiteetti tarjoaa myös mahdollisuuden itsenäisyyteen ilman valtakunnan verkkoa sekä sitä myötä toimimisen sähköverkon säätövoimana. Tämän tapainen lokalisaatio mahdollistaa myös tulevaisuudessa datakeskuksen toimimisen osana älyverkkoa.

Suurimmat yksittäisen datakeskuksen energiankuluttajat ovat ylivoimaisesti palvelimet sekä jäähdytysjärjestelmä, jotka vievät yhdessä noin 60 % datakeskuksen energiantarpeesta. Loput jakautuvat valaistuksen, UPS-järjestelmän, tuuletuksen ja muiden ns. tuottamattomien elementtien kesken kuten näemme alla olevassa kuvassa 1. (Energiatehokas konesali. 2011.)



*KUVA 1 Datakeskuksen energiankäytön jakautuminen. (Kirjoittajan käännös alkuperäislähteestä. A Blueprint for Reducing Energy Costs in Your Data Center. 2009.)*

### 2.2.2 Jäähdytysjärjestelmät

Datakeskusten palvelintiloissa syntyy huomattava määrä lämpöä, joka on ohjattava pois tiloista. Laitteiden toiminnan kannalta liian korkea lämpötila on niin fyysinen vaaratekijä kuin palvelimien toimintaa uhkaava elementti. Käytännössä jäähdytys tarkoittaa kuuman ilman viemistä pois tiloista lämpötilan laskemiseksi.

Lämpötilan säätämistä varten on käytetty niin perinteisiä jäähdytysmenetelmiä kuin etenkin datakeskuksille kehitettyjä sopivia jäähdytysratkaisuja. Yleisimmät jäähdytysratkaisut ovat ilma/ilma-, ilma/vesi- sekä absorbtiojäähdytys.

Perinteisesti datakeskukset ovat mitanneet lämpöä lämpötiheys/m<sup>2</sup>. Monet ovat kuitenkin sitä mieltä, että parempi mittari olisi lämpötiheys/palvelintorni. (A Blueprint for Reducing Energy Costs in Your Data Center. 2009.) Lämpökuormaan on perinteisesti kiinnitetty enemmän huomiota kuin ilmavirtaan. Ilmavirran tarkkailemiseen kehitettyjä CFD-ohjelmia (Computational fluid dynamics) käytetään ilmavirtojen mallintamiseen etenkin korotettuja lattioita käyttävissä palvelinkeskuk-  
sissa.

Jäähdytysjärjestelmien pitää käytännössä toimia kokopäiväisesti, jotta laitteet eivät ylikuumene. Datakeskuksen lämpötila lasketaan usein jäähdytysjärjestelmän avulla noin 21 °C:seen. Google tosin suosittelee nostamaan palvelintilan lämpötilaa 27 °C:seen energiatehokkuuden parantamiseksi. (Raise Your Data Center Temperature. 2008.)

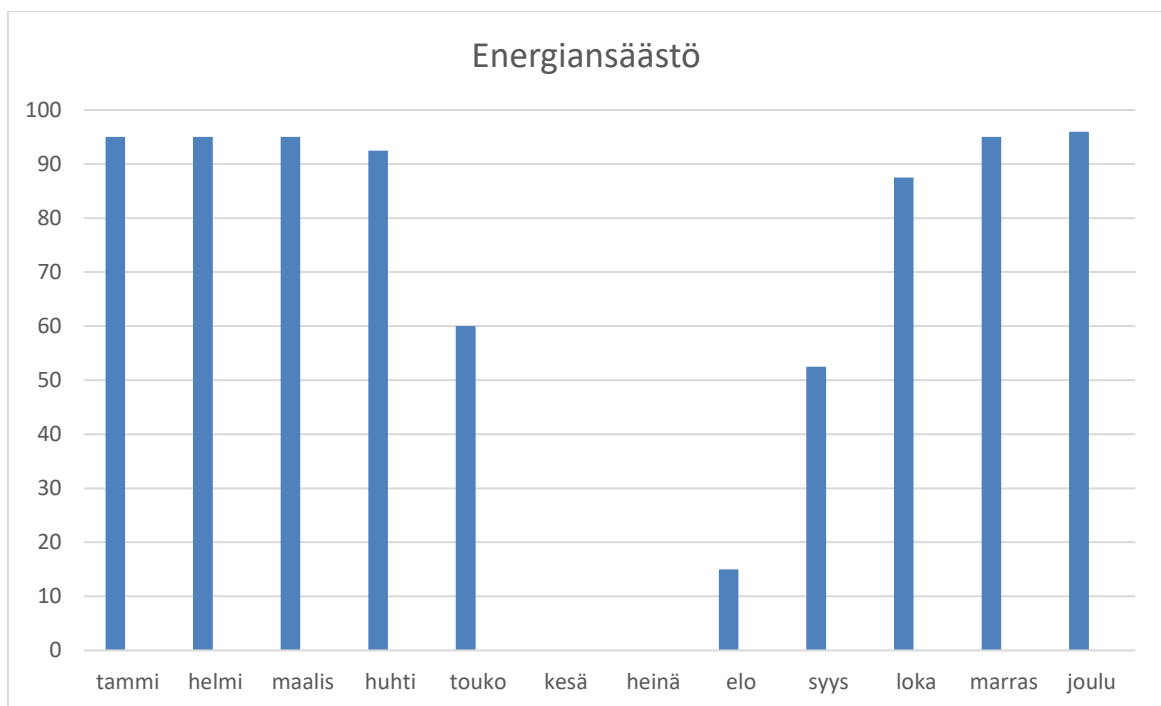
## **Vapaa jäähdytys**

Vapaa jäähdytysratkaisuissa datakeskuksen palvelintila jäähdytetään esimerkiksi kylmällä ulkoilmalla. Vapaa jäähdytysjärjestelmien energiankulutus on huomattavasti vähäisempi kuin kompressorikäyttöisten, eli näin voidaan vähentää jäähdytyskoneiden energiankulutusta. Vapaa jäähdytysjärjestelmän toimivat siis joko suorasti puhaltamalla ulkoilmaa sisälle tai epäsuorasti nestekierron kautta. Suoraan ulkoilmaa kierrättämällä käytetään tulo- ja poistoilmapuhaltimia, kun taas epäsuorissa ratkaisuissa kiertoainetta varten tarvitaan pumppu. Pohjoisella pallonpuoliskolla kiertoaineena toimii yleensä vesi-glykoli kylmien pakkasten takia.

Kuuma ilma ohjataan ”lämpönieluun” eli esimerkiksi järveen, jokeen, mereen tai suoraan ulkoilmaan. Tätä kutsutaan vapaajäähdytykseksi. Menetelmää voidaan tarvittaessa täydentää kompressorilla. Pelkällä vapaajäähdytyksellä voidaan vuosittaista energiankulutusta vähentää vuodessa keskimäärin 65 % verrattuna

perinteiseen prosessijäähdytykseen. (Vapaajäähdytys. 2012.) Alla olevassa taulukossa 2 on kuvattuna kuukausittainen vapaajäähdytyksellä saatava energiansäästö.

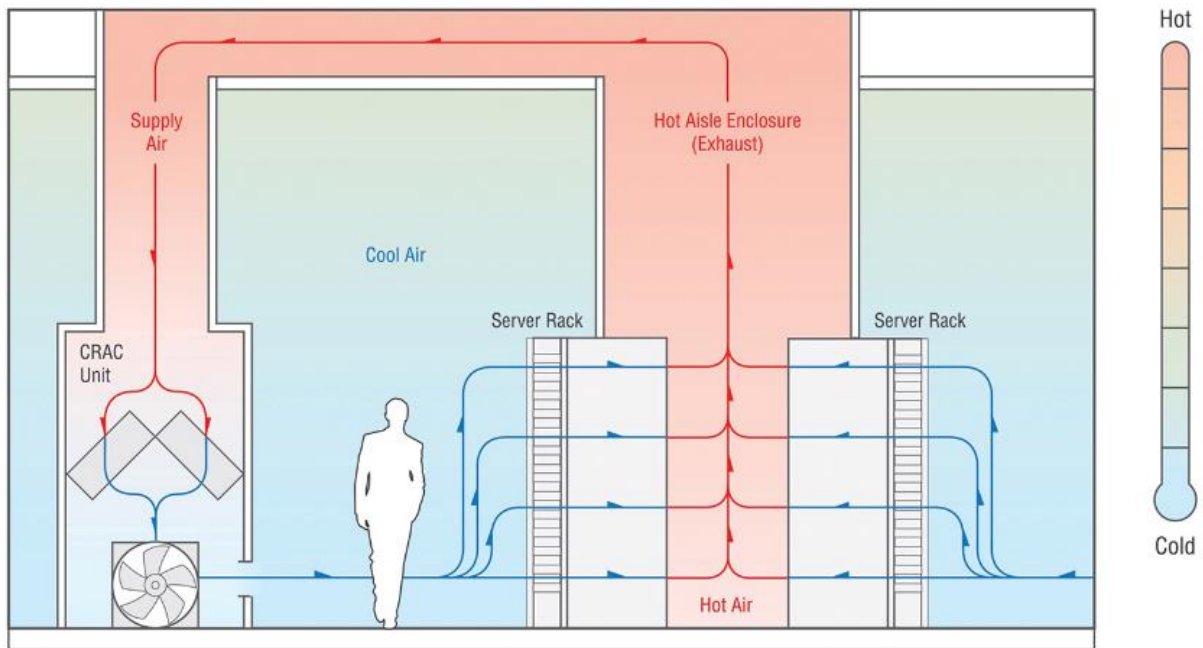
*TAULUKKO 2 Kuukausittainen vapaajäähdytyksellä saatava energiansäästö verrattuna prosessijäähdytykseen*



### **Kylmä ja kuuma käytävä**

Palvelimet sijoitetaan palvelintilaan siten, että niiden väliin jätetään käytävät. Palvelinrakkien etupuolella oleville käytäville puhalletaan viileätä ilmaa, kun taas kuuma ilma poistetaan palvelimien takaa.

Käytännössä siis viileä ilma ilmapuhaltuskoneesta rajataan sekä eristetään palvelintilaan ja kuuma ilma palvelimista taas ohjataan vapaan jäähdytyksen tavoin lämpönieluun alla olevan kuvan 2 tavoin. Eristys on tärkeää siksi, etteivät lämmin ja viileä ilma pääse sekoittumaan. (Merilä 2016.)



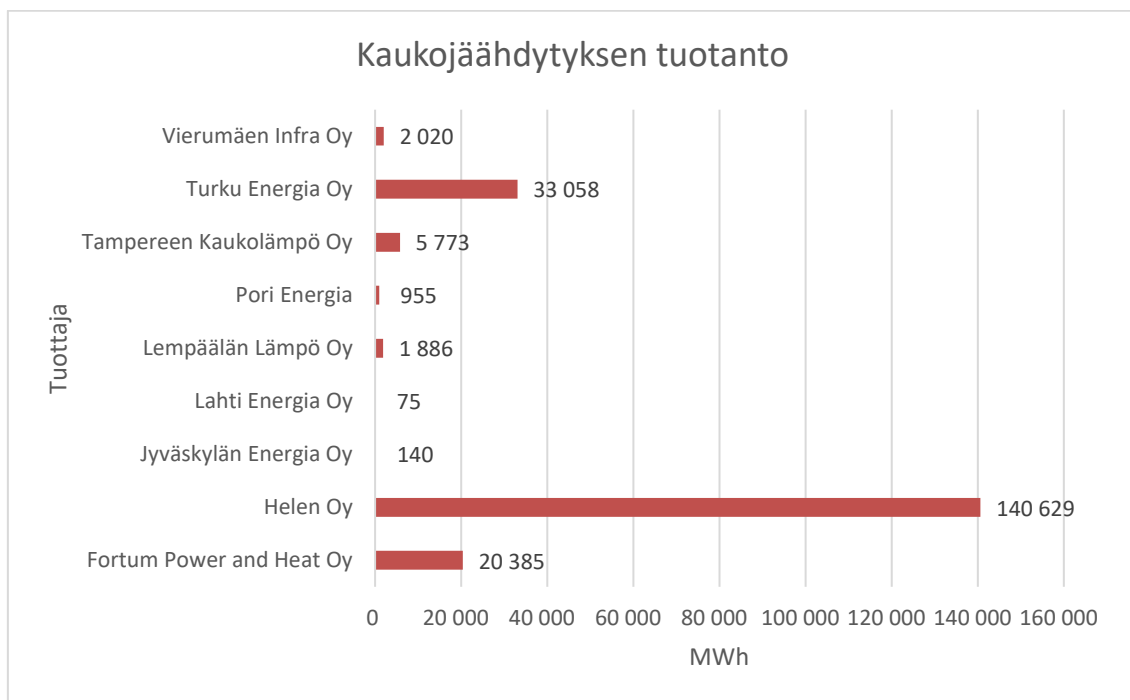
KUVA 2 Räkkijäähdytysjärjestelmän toimintaperiaate (Selvarajan 2016)

## Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytyksellä tai kaukokylmällä tarkoitetaan jäähdytystä, jossa jäähdytettävään kohteeseen pumpataan esimerkiksi merivettä jäähdyttämään ilmastointia. Periaate on sama kuin kaukolämpötekniikassa. Kaukokylmän tuotannossa voidaan käyttää suoraa vapaata merivesijäähdytystä, lämpöpumppuja, jäähdytysvesivarastoja ja absorptiotekniikoita.

Suomessa kaukojäähdytystoimintaa on tällä hetkellä Helsingissä, Tampereella, Turussa, Lahdessa ja Heinolassa. Kaukokylmää käytetään Helsingin Energian kaukoIT -konesalikonseptissa. Uspenskin katedraalin alla sijaitseva datakeskus viilennetään vapaalla merivesijäähdytyksellä. (Muukkonen 2010.)

Yhteensä kaukokylmää myytiin Suomessa vuonna 2016 noin 200 000 MWh (kuva 3). Siitä 64 % tuotettiin lämpöpumpuilla, 22 % vapaajäähdytyksellä ja loput absorptiolla ja kompressorilla. (Kaukojäähdytystilastot. 2016)



*KUVA 3 Kaukojäähdytyksen tuotanto Suomessa 2016.*

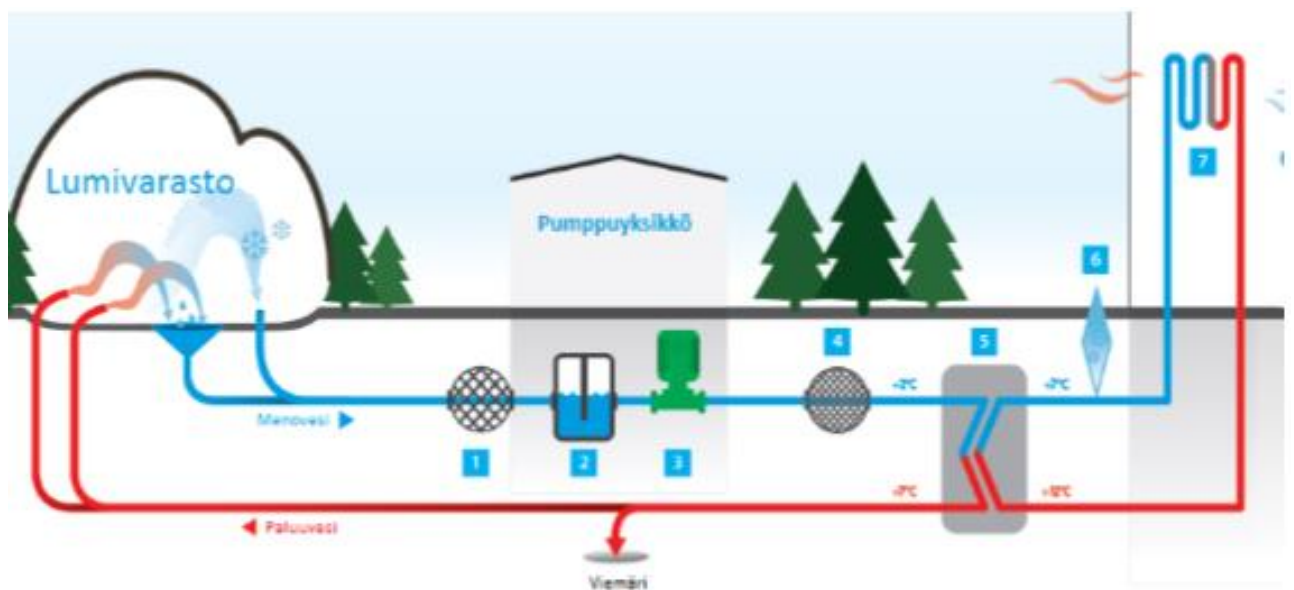
Myös Oulun Energia on tutkinut mahdollisuutta kaukojäähdytystoiminnan aloittamiseen. Tutkimuksessa päädyttiin kuitenkin siihen lopputulokseen, että Oulun keskustan alueella ei ole riittävästi jäähdytyskuormaa tarvittaviin investointeihin nähden. Lisäksi ongelmaksi on koitunut meriveden verrattain korkea kesälämpötila. (Oulun keskustan kaukojäähdytys ei vielä ajankohtaista. 2011; Veräjäkorkva A. 2014)

## **Lumijäähdytys**

Lumen ja jään hyödyntämistä jäähdytyksessä on tietävästi käytetty pitkään, mutta nykyään myös rakennuksia voidaan jäähdyttää lumella. Jäähdytystekniikassa lumi varastoidaan talvella ja siitä saatava kylmä sulamisvesi käytetään jäähdytyksessä kesäisin. Jään ominaislämpökapasiteetti on 2,9 kJ/kgK ja veden 4,18 kJ/kgK. Kun jään sulamislämpö vedeksi on noin 333 kJ/kg ja sulamislämpötila 0 °C, tarvitaan noin 100 kWh muuttamaan yksi tonni jäätä 5 °C:ksi vedeksi. (Nordell & Skogsberg 2000.)



Lunta ja jäätä käytetään jäähdytyksessä etenkin Japanissa ja Kiinassa, mutta myös Ruotsissa on kokeiltu tekniikkaa. Sundsvallin sairaala Västernorrlandin läänissä jäähdyttää tilansa pumpaamalla talven aikana kasatusta lumivarastosta sulamisvettä sairaalaan. Lunta voidaan kasata talvisin jopa 60 000 m<sup>3</sup>. Yksi projektin lähtökohdista olikin auttaa Sundsvallin kaupunkia jokatalvisen lumiongelman kanssa. Kuvassa 4 esitettynä jäähdytysjärjestelmän toimintaperiaate. (Heino 2015.)

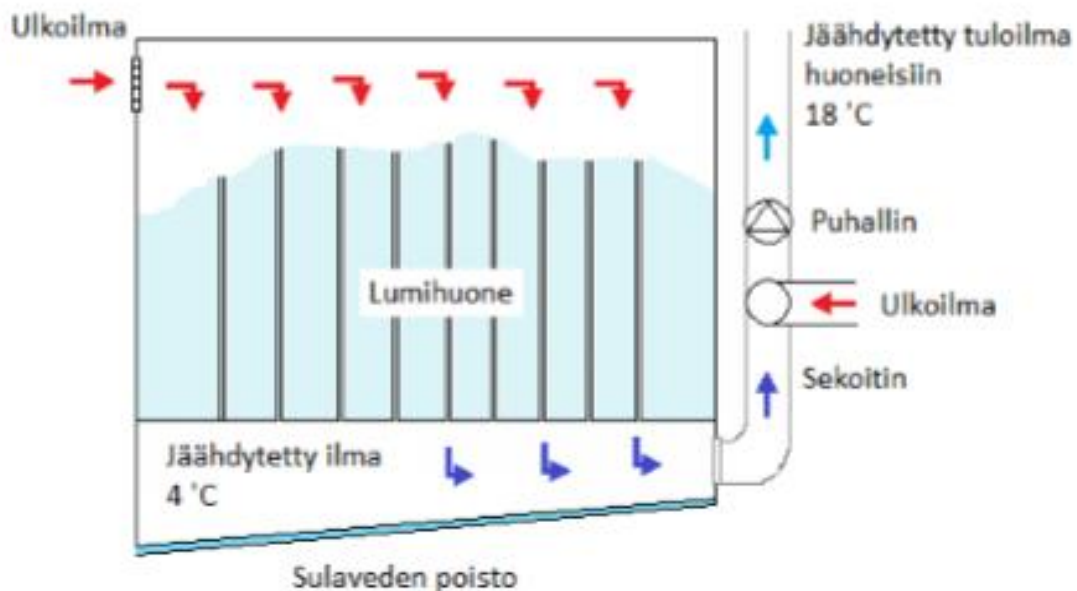


KUVA 4 Sundsvallin sairaalan jäähdytyksen toimintaperiaate (Heino 2015.)

Suomessa lumijäähdytyksen mahdollista käyttöä on selvitetty Helsingissä ja Turussa. Lumi oli tarkoitus varastoida maanalaisiin kallioluoliin. Lumijäähdytysjärjestelmiä ei ole vielä kuitenkaan Suomessa käytössä.

Japanissa lumella ja jäällä jäähdytetään kokonaisia toimistotaloja. Yhtenä esimerkkinä voidaan pitää Hokkaidon 11 000 m<sup>2</sup> suuren mediakeskuksen jäähdytysratkaisua. Ensimmäisessä kerroksessa olevaan noin kahden kerroksen kokoiseen tilaan varastoidaan 7000 tonnia lunta, johon porataan 1000 reikää (kuva5). Reikien läpi puhalletaan ilmaa lumikerroksen alla olevaan tilaan, jolloin

ulkoilma jäähtyy 4 °C:seen. Tämän jälkeen viileä ilma ohjataan sekoittimeen, jossa siihen sekoitetaan ulkoilmaa, jolloin loppulämpötilaksi saadaan miellyttävät 18 °C. (Kobiyama 2008.)



KUVA 5. Hokkaidon toimistorakennuksen jäähdytys (Heino 2015.)

### 2.2.3 IT-järjestelmä

Konesalin tarkoituksena on pääasiassa tallennustilan tarjoaminen sitä tarvitseville. Keskukseen kuuluiin laitteisiin lukeutuvat palvelimet, massamuisti, reitittimet ja kaapeloinnit. Energiatehokkuuden näkökulmasta nimenomaan IT-järjestelmän optimointi on parhaimpia keinoja. Esimerkiksi perinteisiin massamuisteihin verrattuna SSD-muistit kuluttavat 50 % vähemmän energiaa.

Hukkalämmön talteenoton kannalta palvelimet tuottavat eniten lämpöä. Lämmin ilma on ohjattava pois tilasta tai ilma jäähdytettävä.

Verkkolaitteet kasataan palvelintorneihin, jotka sijaitsevat konesalissa korotetulla lattialla (kuva 6). Yhden palvelintornin tai ”räkin” teho on yleensä 7 - 15 kW. Paljon laskentatehoa vaativissa ratkaisuissa tehot saattavat nousta kuitenkin jopa 60 kW:iin. Korotettu lattia mahdollistaa esteettömän reitin kaapeleille, mutta on tärkeä myös jäähdytysratkaisujen rakentamisessa. Datakeskuksen kaapeloinnit ja niiden ominaisuudet määritetään TIA-942-standardissa. (Lehtinen 2014.)



*KUVA 6 Cernin datakeskus (Florian Hirzinger 2009.)*

#### **2.2.4 Valaistus ja muut**

Loput datakeskuksen tekniikasta ovat mm. valaistus, paloilmoitinjärjestelmä ja kulunvalvontajärjestelmä. Nämä järjestelmät vastaavat yleensä yhteensä noin 15 % koko datakeskuksen energiankäytöstä.

Valaistus voi olla kooltaan suuren datakeskuksen suurimpia yksittäisiä energiankuluttajia. Energiankulutukseen voidaan kuitenkin vaikuttaa käyttämällä esimerkiksi LED-valaistusta sekä liikkeentunnistustekniikkaa.

Kulunvalvonta laittiloihin on turvallisuuden ja luotettavuuden kannalta tärkeää. Palvelimet sisältävät usein yrityksille tärkeää ja herkkää tietoa. Asiakkaila on kuitenkin oltava pääsy omien palvelimien huoltamiseen, joten riski väärin henkilöiden pääsystä palvelintilaan voidaan minimoida järjestämällä palvelimet erillisiin lukollisiin palvelinkehikkoihin ja valvomalla sisään- ja ulostuloa esimerkiksi sähköisellä tunnistautumisella.

Yllä mainitut vähäisen energiatarpeen vaativat järjestelmät lasketaan usein yhteen ja ilmoitetaan vain valaistusjärjestelmänä tehtäessä PUE-laskelmaa.

(Energiatehokas konesali. 2011.)

### **2.2.5 Konesalin energiatehokkuuden mittarit**

Energiatehokkuuden arvioimiseksi ja parantamiseksi on kehitetty erilaisia mittareita. Yleisin näistä on PUE-luku. Datakeskukseen kuuluu olennaisesti valvontajärjestelmä joka esittää laitteiden käyttöasteen. Valvonnalla voidaan tarkastella eri laitteiden kulutusta ja optimoida energiankulutus. Tiloissa voi olla esimerkiksi palvelimia, jotka toimivat nollakuormalla. Tällaisten palvelimien energiankulutus voi olla jopa 70 % täyden kuorman kulutuksesta. Poistamalla nollakuormapalvelimet voidaan säästää energiaa.

Laitesalin energiakulutusta laskettaessa on tiedettävä laitteiden ja järjestelmien tehot kilowatteina ja niiden kuluttama sähköenergia kilowattitunteina. Energiatehokkuutta mitattaessa voidaan myös mitata esimerkiksi laskentatehon ja käytetyn sähkötehon suhde tai energiankulutusta pinta-alayksikköä kohti. Mittaustavat riippuvat organisaation tavoitteista.

## **PUE (Power usage effectiveness)**

PUE on suhdeluku, jolla kuvataan datakeskuksen energiatehokkuutta. Suhdeluku lasketaan jakamalla konesalin käyttämä kokonaisenergia IT-laitteiden käyttämällä sähköenergialla. Teoreettinen minimi on 1, mikä tarkoittaa, että sähköä menee datakeskuksessa vain IT-laitteisiin eikä lainkaan esimerkiksi valaistukseen yms. Olemassa olevien konesalien PUE:t vaihtelee 1,1-3,0 välillä. (PUE: A COMPREHENSIVE EXAMINATION OF THE METRIC. 2012.)

$$PUE = \frac{P_{tot}}{P_{it}}$$

*Kaava 1*

## **DCIE (Data center infrastructure efficiency)**

DCIE eli suomeksi datakeskuksen infrastruktuurin tehokkuus on käänteinen luku PUE:stä. Suhdeluku lasketaan jakamalla IT-laitteiden kuluttama energia ja kokonaisenergiankulutuksella.

## **Energiatiheys**

Sähkötehon tiheys eli energiatiheys kertoo, kuinka tiiviisti konesali on täytetty palvelimilla. Energiatiheys on kulutetun sähkötehon ja konesalin pinta-alan suhdeluku.

$$Energiatiheys = \frac{P_{tot}}{A}$$

*Kaava 2*

## **NPUE (Net Power Usage Effectiveness)**

NPUE-suhdeluku on kuin PUE, mutta ottaa huomioon myös energian joka poistetaan datakeskuksesta esimerkiksi hukkalämpöä hyödyntäessä.

$$NPUE = \frac{E_{net}}{E_{it}} = \frac{(E_{in} - E_{out})}{E_{it}}$$

*Kaava 3*

$$NPUE = \frac{E_{it}}{(E_{in} - E_{out})}$$

*(Salit, joissa kaukojäähdytys)*

*Kaava 4*

### **CADE (Corporate Average Data Center Efficiency)**

CADE-arvo on monipuolisempi energiatehokkuuden mittari kuin NPUE.

CADE:ssa otetaan huomioon tietotekniikan ja infrastruktuurin käyttöaste. Kaavan komponentit lasketaan erikseen.

$$CADE = AU_{fac} * EE_{fac} * AU_{it} * EE_{it}$$

*Kaava 5*

*AU<sub>fac</sub> = konesalin infran käyttöaste*

*EE<sub>fac</sub> = infrastruktuurin energiatehokkuus (IT-kuorman ja salin kokonaiskuorman suhde)*

*AU<sub>it</sub> = palvelinten käyttöaste*

*EE<sub>it</sub> = tieto- ja viestintätekniikan energiatehokkuus*

### 3 YMPÄRISTÖTEKIJÄT

Tiedon ja datan määrä verkossa kasvaa eksponentiaalisesti ja tätä myötä myös tallennustilan tarve. Yli miljardi ihmistä on nyt verkossa. Jatkuva IoT (Internet of Things) mullistus yhdistää myös lisää fyysisiä laitteita mukaan verkkoon. Oxford Researchin ennustuksen mukaan vuoteen 2020 mennessä yli 50 miljardia laitetta on yhdistetty verkkoon. Sen sijaan että dataa säilytettäisiin tietokoneiden kovalevyillä, on tiedon tallennus siirtymässä kokonaan verkkoon.

Maailmassa on tällä hetkellä yli 200 000 datakeskusta, joiden koot vaihtelevat pienistä huoneista teollisuusluokan halleihin. Koot ovat kuitenkin kasvamassa, ja suuren kokoluokan keskusten rakentaminen tulee varaamaan vuonna 2018 noin 73 % kaikista datakeskusten rakennushankkeista.

Vuonna 2013 noin 110 miljardia euroa investoitiin maailmanlaajuisesti datakeskuksiin. Vuoteen 2020 mennessä Eurooppaan odotetaan noin 60 uutta datakeskusta. Tulevien vuosien aikana maailman tallennuskapasiteetti tulee kasvaamaan noin 10 % vuodessa. Jatkuva kasvu on riippuvainen Euroopan digitalisatiosta. On otettava huomioon, että esimerkiksi Suomeen rakennettu datakeskus ei palvele vain suomalaisia asiakkaita vaan koko Euroopan markkinoita. (Finland's Giant Data Center Opportunity. 2015.)

Cushman & Wakefieldin vuonna 2016 tekemässä selvityksessä arvioitiin useita datakeskuksen sijaintiin vaikuttavia tekijöitä. Selvityksessä eniten esille nousseet tekijät painottuivat alla olevan taulukon 4 mukaisesti. (Data Centre Risk Index 2016. 2016.)

*TAULUKKO 3 Sijaintiin vaikuttavien tekijöiden painotukset indeksissä. (Kirjoittajan käännös alkuperäislähteestä. Data Center Risk Index 2016)*

Kriteeri	Painotus
Energiakustannukset	8,97 %
Verkkonopeus (Mbit/s)	11,54 %
Liiketoiminnan helppous	11,54 %
Yritysverotus (Maailman pankin listaus)	6,41 %
Poliittinen vakaus (EIU Vakaus indeksi)	12,82 %
Uusiutuvan energian/kokonaisenergian tarjonta	8,97 %
Luonnonmullistukset	15,38 %
Energiavarmuus	12,18 %
BKT	5,77 %
Veden saatavuus	6,41 %

Periaatteessa datakeskus ei ole sijainnista riippuvainen, ja palvelinsalin voi rakentaa minne vain. Sijaintia valittaessa on kuitenkin sujuvan toiminnan kannalta syytä ottaa huomioon datakeskuksen ympäristön vaikuttavat tekijät. Nämä datakeskuksen sijainnin valintaan vaikuttavat tekijät voidaan jakaa neljään eri kategoriaan.

### 3.1 Maantiede

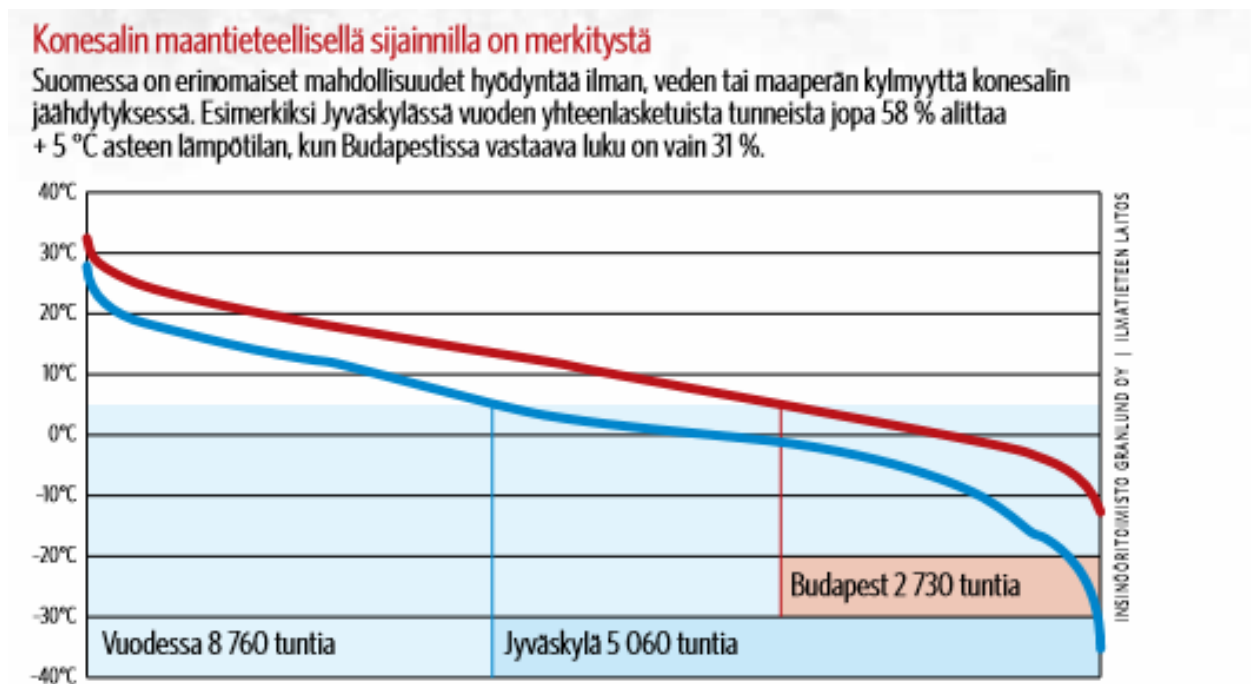
Datakeskuksen sijoittamisessa maantieteellinen sijainti on olennainen asia. Jotta datakeskuksen palvelimet pysyisivät päällä taukoamatta, on otettava huomioon mm. alueen seismologia, mahdolliset säästä riippuvat tulvat ja muut luonnonkatastrofit sekä muut maantieteelliseen sijaintiin liittyvät ilmastolliset tekijät. Esimerkiksi pohjoinen, kylmempi ilmasto mahdollistaa kustannustehokkaan jäähdytysratkaisun, kun palvelinsalin voidaan jäähdyttää ulkoilmalla, maaperää



hyväksi käyttäen tai kaukokylmällä.

Pohjois-Pohjanmaa sijoittuu manner- ja meri-ilmastojen väliin. Länsiosat laske-  
taan kuuluvan keskiboreaaliseen ilmastovyöhykkeeseen, joka erottaa itäosan  
(Kuusamo) pohjoisboreaalisesta alueesta. Lauhkeinta on Kalajokilaaksossa.

Pohjois-Pohjanmaalla datakeskuksen on mahdollista hyödyntää jäähdytyksessä  
kylmää ulkoilmaa ainakin talvisin. Myös kaukokylmän käyttöä Pohjois-Pohjan-  
maalla on kartoitettu, mutta luonnollisen kylmän lähteen puutteen vuoksi tällä  
hetkellä näyttää siltä, ettei hanke etene. Lisäksi aiemmin mainittu Perämeren  
matala syvyys ja osittain siitä johtuva korkea lämpötila ei tee kaukokylmään in-  
vestoinnista kannattavaa.



KUVA 7 Lämpötilojen vertailu Jyväskylä - Budapest (Energiatehokas konesali.  
2011.)

### **3.2 Yhteydet**

Luonnollisesti datakeskuksen tulee sijaita hyvien tietoliikenneyhteyksien alueella. Lisäksi nykyaikana pidetään tärkeänä myös tietoliikennelainsäädäntöä. Datakeskuksen on tärkeä turvata palvelimissa sijaitseva tieto niin haittaohjelmilta kuin urkinnalta. Monissa maissa lainsäädäntö mahdollistaa massamaisen tietoliikenteen tallentamiseen pohjautuvan tiedustelutoiminnan. Suomessa on vuonna 2016 avattu C -Lion 1 merikaapeli joka yhdistää Suomen suoraan Manner-Euroopan tietoliikenteeseen kasvattaen kaistanleveyttä. (Story of C -Lion1. 2016.)

Lisäksi suunnitteilla on aikanaan neljä mannerta yhdistävä koilliskaapeli, joka kulkisi Japanista koillinväylän kautta Suomen halki Manner-Eurooppaan. Suomen onkin tarkoitus ikään kuin luoda mainetta datakeskusten ”Sveitsinä” kun lainsäädäntö ei ainakaan vielä salli massamaiseen tietoliikenteen tallentamiseen pohjautuvaa tiedustelutoimintaa. Yksi osatekijä merikaapeli-investointiin onkin Ruotsin lainsäädäntö koskien valtion signaalitiedustelun lupaa tarkkailla maan halki kulkevaa tietoliikennettä. (Verkkovalvonnasta. 2015.)

### **3.3 Energia**

Takkuamaton energian toimitusvarmuus sekä toimiva ja luotettava sähköverkko ovat datakeskuksen toiminnan kannalta peruspilareita. Energiainfrastruktuurin luotettavuus sekä teknologiatason on oltava huipputasolla. Datakeskuksen on

kannattavaa sijaita alueella, jossa on monta kaupallista voimalaitosta. Näin voidaan varmistaa, etteivät häiriöt ja alasajot vahingoita datakeskuksen redundanssia. (Geographic Factors for Data Center Site Selection. 2008)

Pohjois-Pohjanmaalla sekä ylipäättään Suomessa on toimiva energiainfrastrukturi sekä teknologiataso. Olkiluoto 3 sekä Hanhikivi 1 ydinvoimaloiden valmistuessa Suomen energiaomavaraisuus sekä toimitusvarmuus kasvavat ja näin ollen Suomen asema datakeskusten sijoituspaikkana ainakin teoriassa paranisi.

### **3.4 Vakaus**

Jotta palvelimet voidaan pitää käynnissä vuoden ympäri, tarvitaan energiatoimitusvarmuuden lisäksi myös taloudellisesti ja poliittisesti vakaa sijainti, osaava työvoima sekä asiakkaiden läheisyys. Edellä mainitut seikat lisäävät investointien houkuttavuutta. Myös edullinen verotus ja työvoimakustannukset houkuttelevat uusia datakeskustoimijoita. Suomi on myös tunnettu maailmalla osaavana teknologiakeskittymänä, poliittisesti vakaana toimijana ja luotettavana kauppakumppanina. (Geographic Factors for Data Center Site Selection, 2008; Data Centre Risk Index, 2016)

### **3.5 Ympäristötekijät Suomessa**

Suomen vahvuuksia datakeskusten houkuttelemisessa ovat maailman huipputasoon lukeutuva digitaalinen infrastrukturi, rakenteilla oleva vedenalainen tietoliikennekaapeli Saksaan, joka yhdistää Euroopan ja Aasian koillisen kautta,

luotettava sähköverkko ja kilpailukykyinen sähkön hinta. Suomi on lisäksi alennanut sähkön verotusta datakeskuksille, jotka ovat sähköteholtaan vähintään 5 MW. (Konesalien sähköveroon alennus. 2014.)

Maantieteellisesti Suomessa on viileä ilmasto sekä runsaasti vettä. Nämä seikat vähentävät tarvetta käyttää sähköä kuluttavia jäähdytysjärjestelmiä. Suomen tasaisen maan sekä matalan väestötiheyden ansiosta Suomessa on myös paljon tilaa rakentaa. Google onkin kartoittanut Suomesta jo 36 datakeskukselle sopivaa paikkaa jotka yhteensä kattavat yli 5 miljoonaa neliömetriä. Osaava ja verrattain edullinen työvoima sekä vakaa ja turvallinen ympäristö asua ja harastaa liiketoimintaa ovat omiaan lisäämään datakeskustoimijoiden kiinnostusta investointeihin Suomeen. (Finland's Giant Data Center Opportunity. 2015.)

## 4 HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN JA TALTEENOTTO

Teollisuuden energiankäytöstä menee ylijäämälämpönä ympäristöön noin 37 % eli kaiken kaikkiaan 54 TWh lämpöenergiaa. Tällä hetkellä tästä energiamäärästä olisi taloudellisesti hyödynnettävissä noin 4 TWh. Se vastaa yli 200 000 omakotitalon vuotuista lämmönkulutusta. Jos kaikki lämpö saataisiin hyödynnettyä, voisi teollisuussektori säästää yli 200 miljoonaa euroa. (Tuotannon hukkalämpö hyödyksi. 2014.)

Palvelinsalien hukkalämpö on lämpöenergiaa, joka poistetaan datakeskuksista jäähdytysvetenä, poistoilmana tai lauhdelämpönä koneellisen jäähdytyksen mukana. Monissa tapauksissa varsinkin pienemmissä palvelinsaleissa, hukkalämpö yksinkertaisesti poistetaan tiloista sitä hyödyntämättä. Esimerkiksi Googlen datakeskus Haminassa johtaa hukkalämmön jäähdytysveden mukana suoraan Itämereen, joka toimii lämpönieluna. (Eskonen H. 2015)

Nykyään on kuitenkin yleistynyt lämmön käyttö esimerkiksi omien tilojen, kuten teknisten tilojen tai toimiston lämmittämiseen. Energiateollisuus ry:n julkaiseman tutkimuksen mukaan jo 100 kW:n lämpötehoisille kohteille on olemassa taloudelliset edellytykset kaukolämpöverkkoon liittämiseksi. Hukkalämpöä käytetään myös esimerkiksi kasvihuoneiden ja kalankasvattamojen lämpötilojen säätelyssä. (Kohopää, 2015)

Datakeskuksista poistuva hukkalämpö sopii erittäin hyvin kaukolämpöyhtiöiden tarpeisiin sen tasaisen saatavuuden vuoksi. Konesalien hukkalämpö on myös melko helposti ohjattavissa käyttöön verrattuna perinteiseen teollisuuteen. Syntyvä hukkalämpö on kuitenkin usein varsin matala-asteista käytettäväksi sellaisenaan ja ei näin ollen sovellu käytettäväksi useimmissa perinteisissä termodynaamisissa prosesseissa. Hyödynnettävissä oleva lämpötila on noin 30 - 50 °C. Lämpötilaa voidaan kuitenkin nostaa lämpöpumpuilla, jolloin lämpöenergiaa voi-

daan käyttää suoraan esimerkiksi kaukolämmössä. Tällöin hukkalämmön käytölle on kuitenkin oltava taloudelliset edellytykset. Datakeskusten tuottamaa hukkalämpöä voidaan käyttää kaukolämmityksen lisäksi myös jäähdytyksessä sekä sähkön tuotannossa.

## **4.1 Lämpö**

Suorin ja yksinkertaisin tapa hyödyntää konesaleissa syntyvää hukkalämpöä on lämmitys. Lämmön voi ohjata esimerkiksi suoraan datakeskuksen omien tai välittömässä läheisyydessä olevien tilojen lämmitykseen. Datakeskusteollisuus so-  
poo myös erinomaisesti kaukolämpötoimintaan, sillä sen toiminta keskittyy useimmiten sijainniltaan urbaaniin ympäristöön.

Kaukolämpöverkkoon syötettävän veden lämpötilan on oltava talvisin 100 - 110 °C ja kesäisin 70 - 80 °C. Konesalien hukkalämmön lämpötilaa on siis nostettava, jotta se voidaan syöttää kaukolämpöverkkoon, tämä tehdään yleensä lämpöpumpuilla.

### **4.1.1 Lämpöpumput**

Hukkalämmön lämpötila ratkaisee sen, kuinka paljon sitä on mahdollista siirtää kaukolämpöverkkoon ja millä tekniikalla. Jos lämpö on yli 55 °C, se voidaan ohjata lämmönsiirtimellä suoraan kaukolämpöverkon paluuveden lämmitykseen. Datakeskuksissa syntyvä ylijäämälämpö on kuitenkin useimmiten viileämpää. Tällöin lämpötilaa pitää nostaa lämpöpumpulla.

Lämpöpumput ovat yleisesti teollisuuden käytössä oleva lämmöntalteenottotekniikka. Lämpöpumpuilla voidaan nostaa matala-asteisen ylijäämälämmön lämpötilaa, jolloin sen käyttö soveltuu teollisuuden prosesseihin tai kaukolämpötoimintaan. Sen käyttö vähentää primäärienergian kulutusta. Pumpun investointi

on kannattavaa, kun korvattavan lämmön ja lämpöpumpun käyttöenergian hintaero on eduksi investoijalle sekä takaisinmaksuaika lyhyt. Lämpöpumppuja on myös mahdollista kytkeä rinnakkain, jolloin niiden tehoa voi kasvattaa lähestulkoon rajattomasti. (Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen. 2014.)

Talteenotolla ja lämpöpumpuilla hankittiin Suomessa suoraan vuonna 2016 noin 2,92 TWh ja erillistuotantona 2,96 TWh kaukolämpöenergiaa. Pohjois-Pohjanmaan osuus tästä oli 474 GWh. (Kaukolämpötilastot. 2016.)

Sähkön säätömarkkinoiden kehittyessä lämpöpumput tulevat todennäköisesti kasvattamaan suosiotaan. Esimerkiksi Fingrid on aktiivisesti kehittämässä sähkön säätömarkkinoita siihen suuntaan, että säätömarkkinoille voitaisiin jatkossa tarjota sähkötehoa 5 MW:n blokeissa. Tavoitteena on kuitenkin laskea lähivuosina vielä alemmas 1 MW:iin, jolloin kohtalaisen pienetkin lämpöpumppulaitokset voisivat osallistua halutessaan säätösähkömarkkinoille. (SUURET LÄMPÖPUMPUT KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄSSÄ. 2016..)

Taloudellisesta näkökulmasta lämpöpumppuihin investointi ottamatta huomioon ulkoisten liityntöjen kustannuksia on suhteellisen vakio kokoluokasta riippumatta. Motivan lämpöpumppuihin keskittyvässä selvityksessä mekaanisten lämpöpumppulaitosten ominaiskustannukseksi saatiin 0,072 - 0,102 milj. €/MWth. Lämpöpumppuinvestoinneissa pumpun ja kytkentäratkaisujen kustannukset vaihtelevat tapauskohtaisesti. Lämpöpumppulaitteistojen osuus investoinneista kattaa noin 40 - 90 %. Yleispäteviä sääntöjä kustannuksista ei saatu muodostettua. (Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen. 2014.)

Lämpöpumpun lämmitysenergian hiilijalanjälki riippuu täysin pumpun käyttämän sähkön tuotantotavasta, mahdollisten energiantuotantolaitosten polttoaineista sekä voimalan tehokkuudesta. Hiilidioksidipäästöt Oulun Energian tuotantolaitoksilta vuonna 2016 olivat yhteensä noin 270 g/kWh. (Sähkön alkuperä. 2017.)

#### 4.1.2 Kaukolämpö

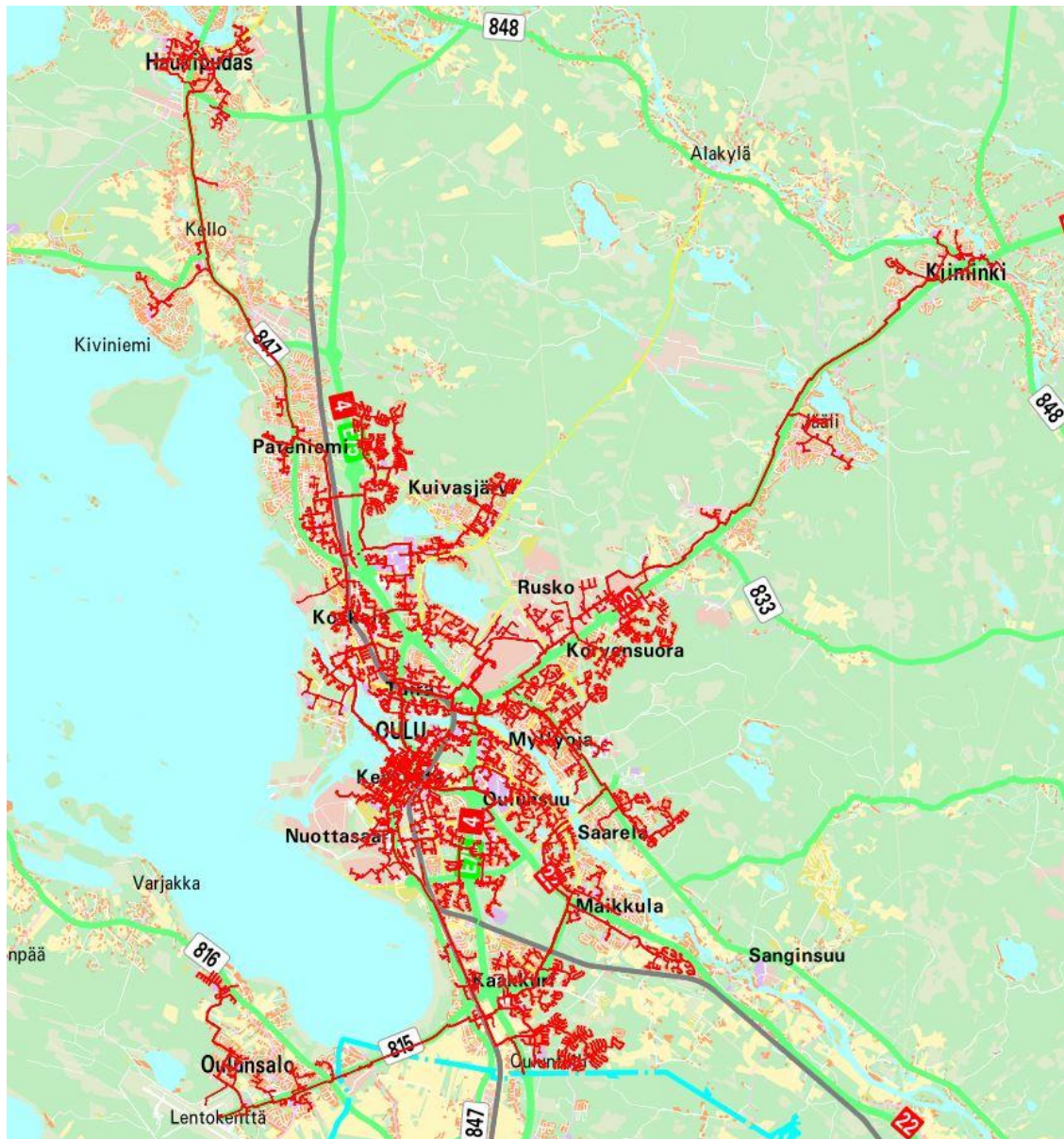
Kaukolämpöä käytetään rakennusten lämmitykseen. Kaukolämmön hyödyntäminen on kaikkein suosituinta pohjoisella pallonpuoliskolla, Euroopassa ja erityisesti Pohjoismaissa. (Merilä, 2016.)

Kaukolämmön vastaanottajat voidaan jakaa asuinrakennuksiin, teollisuuteen sekä muihin tarpeisiin kuten toimistoihin ja varastoihin. Suomessa 56 % kaukolämmöstä käytetään asunnoissa, 9 % teollisuudessa ja loput muissa rakennuksissa. Pohjois-Pohjanmaalla ylivoimaisesti suurin osa (n. 92 %) kaukolämmöstä tuotetaan turve- ja bioenergialla ja loput öljyllä sekä lämmöntalteenotolla ja lämpöpumpuilla. (Kaukolämpötilastot. 2016.)

Energiateollisuus ry:n vuonna 2015 tehdyn tutkimuksen mukaan suurin osa kaukolämpöyrityksistä on kiinnostunut erityisesti pienten ylijäämälämpöjen hyödyntämisestä kaukolämpöjärjestelmissä taloudellisten reunaehtoien täytyessä. (Kohopää, 2015)

Pohjois-Pohjanmaalla erityisesti Oulun seudulla on kattava kaukolämpöverkko (kuva 8), mikä tekee siitä houkuttelevan paikan datakeskuksille, joilla on halua hyödyntää hukkalämpöään kaukolämpöverkossa käytettäväksi. Oulussa kaukolämpö tuotetaan kuitenkin pääasiassa turpeella ja tuotettu lämpö on hinnaltaan Suomen halvimhasta päästä. (Sähkön alkuperä. 2017.) Lisäksi lämpö tuotetaan CHP-laitoksessa, jolloin hukkalämmöllä korvattu kaukolämpö olisi pois laitoksen kokonaistuotannosta. Tämä tarkoittaa sitä, että Oulussa sijaitsevan datakeskuksen tuottaman hukkalämmön hinta olisi oltava erittäin edullinen, jotta sen saisi myytyä kaukolämpöverkkoon ja se olisi houkutteleva vaihtoehto Oulun energialle.





KUVA 8. Oulun kaukolämpöverkko (Lämpöverkkoalue. 2016.)

## 4.2 Sähköntuotanto

Datakeskuksissa syntyvällä lämmöllä on mahdollista tuottaa myös sähköä. Tällä hetkellä teknologia mahdollistaa lähinnä Orgaaniseen Rankine-kiertoon (ORC)

perustuvat ratkaisut. Monet toimijat ovat kuitenkin myös kehitelleet erilaisia teknologioita, joilla matala-asteista lämpöä saadaan muutettua sähköenergiaksi. Nämä uudet teknologiat ovat kuitenkin vielä ns. lapsenkengissä ja niiden hyötysuhde on erittäin matala.

#### **4.2.1 ORC-prosessi**

ORC-sovellukset soveltuvat parhaiten kohteisiin, joissa syntyy jatkuvasti yli 100 °C lämpöä. ORC-teknologiaa voidaan kuitenkin käyttää myös viileämmällä lämpöenergialla, mutta silloin hyötysuhde on huomattavasti huonompi. Tällä hetkellä matala-asteisen ylijäämälämmön hyödyntäminen ORC-prosessissa ei ole kovin kannattavaa, sillä sähkön ostaminen tulee verrattain edullisemmaksi. Organic Rankine Cycle perustuu perinteiseen Rankine-kierto-voimalaitosprosessiin, mutta kiertoaineena käytetään veden sijasta ominaisuuksiltaan sopivaa orgaanista ainetta, joka höyrystyy ja lauhtuu prosessin eri osissa veden tapaan. Kiertoaineen valinta riippuu laitoksen käyttötarkoituksesta sekä prosessiin syötetystä lämpötilasta. (Tuotannon hukkalämpö hyödyksi. 2014.)

ORC-laitosten takaisinmaksuajat koituvat ongelmaksi nykyisillä sähköhinnoilla. Matalalämpötilaista hukkalämpöä hyödyntävien laitosten takaisinmaksuajat venyvät helposti yli kymmeneen vuoteen. Täten hyödynnettävän lämmön olisi oltava käytännössä ilmaista. Motivan ORC-selvityksessä ORC-laitosten ominaiskustannus vaihteli 1,4 - 2,6 Milj. €/MWe. Kannattavuus parani korkeammilla hukkalämmön lämpötiloilla. (Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen. 2014.)

#### **4.2.2 Patterien lataaminen lämmöllä**

Matala-asteisen hukkalämmön hyödyntämistä patterien lataamiseen on tutkittu erityisesti Yhdysvalloissa. Esimerkiksi Penn Staten yliopiston tutkijat ovat tutki-

neet ammoniakkipohjaiseen patteriin perustuvaa latausjärjestelmää. Latausjärjestelmätutkimuksen tulokset ovat olleet ainakin hyötysuhteen osalta lupaavia. Teknologia on kuitenkin vielä kaukana kaupallisista applikaatioista. (Messer A. 2014.)

Myös MIT:n ja Stanfordin yliopistojen tutkijat ovat löytäneet uuden vaihtoehdon matala-asteisen hukkalämmön muuttamiseksi sähköenergiaksi. Tulokulma perustuu termogalvaaniseen prosessiin ja patterien lataus- ja tyhjenemissykliin (Charge-discharge cycle) vaikuttamiseen lämpötilojen avulla.

Tähän sykliin vaikutetaan niin, että lataamaton (tyhjä) patteri ensin lämmitetään hukkalämmöllä ja sen jälkeen ladataan täyteen. Kun patteri on ladattu, se viilenetään. Tutkimuksessa saatiin selville, että viilenemisen jälkeen patterista saatiin enemmän sähköä kuin mitä siihen käytettiin ladatessa. Tämä ylimääräinen energia saatiin patteriin siis hukkalämmöllä. Tutkijoiden mukaan otollisin hukkalämmön lämpötila prosessille oli 60 °C. (Chandler, D. 2014)

### **4.3 Jäähdytys**

Hukkalämpöä on myös mahdollista käyttää jäähdytykseen absorptio- sekä adsorptiojäähdytysprosessien avulla. Näissä tekniikoissa lämpöä hyödynnetään jäähdytysprosessien käyttöenergiana. Laitteistojen suuri fyysinen koko kuitenkin rajoittaa käyttökohteet suurehkoihin teollisen mittaluokan kohteisiin. Sorptioprosesseja voidaan käyttää lähinnä kesäisin, kun kaukolämpöverkon käyttöaste on matala, eivätkä kaukolämmönvastaanottajat tarvitse ylimääräistä lämpöenergiaa. Sorptioprosessien hyötysuhde jää kuitenkin hyvin matalaksi nykyisillä sähköhinnoilla ja kannattavuutta heikentää myös lämpöpumpun lisääminen järjestelmään.

#### **4.3.1 Absorptiojäähdytysprosessi**

Absorptioprosessi perustuu energiaa vapauttavaan reaktioon (eksotermisen reaktio), jossa kaasu imeytyy nesteeseen. Prosessissa käytetään ainepareja, joista toinen on kylmä- ja toinen absorptioaine. Ainepareilla on tietty lämpötila ja paine, jossa ne pysyvät tasapainossa. Tähän lämpötilaan tai paineeseen vaikuttamalla voidaan tasapainotilaa muuttaa jolloin kaasua tai höyryä eli energiaa vapautuu tai sitoutuu nesteestä. Tällä prosessilla voidaan tuottaa niin kylmä- kuin lämpöenergiaa. (Jäähdytysjärjestelmien energialaskentaopas, 2011; Merilä, 2016.)

#### **4.3.2 Adsorptiojäähdytysprosessi**

Adsorptioprosessissa kaasu imeytyy nesteen sijaan kiinteään aineeseen, joka on rakenteeltaan huokoista mahdollisimman suuren pinta-alan saavuttamiseksi. Adsorptiotekniikka soveltuu erityisesti datakeskuksiin, sillä prosessia voidaan pyörittää jopa 50 °C:lla vedellä. Absorptiolaitteisiin verrattuna adsorptiojäähdytyslaitteet eivät myöskään käytä terveydelle vaarallisia aineita, jolloin huoltotoimenpiteet tulevat edullisemmiksi. (Jäähdytysjärjestelmien energialaskentaopas, 2011; Merilä, 2016.)

#### **4.4 Matala-asteisia lämpöjä hyödyntävä teollisuus**

Hukkalämmön laadulla ja lämpötilalla on lämmöntalteenoton kannalta suuri merkitys. Arvioiden mukaan noin 63 % maailman primäärienergian kulutuksesta menee hukkaan palamis- tai lämmönsiirtoprosesseissa. DOE:n (U.S Department Of Energy) tutkimuksessa, joka keskittyy Yhdysvaltojen teollisen sektorin hukkalämpöön, käy ilmi, että 20-50 % teollisissa prosesseissa käytetystä ener-

giasta menee hukkaan ja noin 60 % siitä on "matalalaatuista" alle 230 °C:n lämpöistä hukkalämpöä. Norjassa tehdyssä samankaltaisessa tutkimuksessa 37 % hukkalämmöstä on yli 140 °C ja noin puolet jäljelle jäävästä 63 %:sta on 40-60 °C. (Forman-Muritala-Pardeman-Meyer, 2015.)

Matala-asteista hukkalämpöä käytetään useimmiten tilojen lämmitykseen, kuivaukseen (biomassat) tai se syötetään kaukolämpöjärjestelmään. Matala-asteinen lämpö on siis järkevä käyttää paikan päällä. Laajempien verkostojen rakentaminen on usein kustannustehotonta ja lämpöenergian varastointi myös ongelmallista.

#### **4.4.1 Kuivaus**

Datakeskuksista saatavaa matala-asteista lämpöä voidaan käyttää biomassojen kuivaukseen. Esimerkiksi Kokkolan Energian Ykspihlajan laitoksella kuivataan aumakuivauksella haketta 50 °C:lla rikkihappotehtaan hukkalämmöllä lämmitetyllä ilmalla. Myös Kokemäen Lämpö Oy kuivaa varastokentällä haketta laitoksen savukaasuista otetulla hukkalämmöllä. Hukkalämmön lämpötila on alimmillaan 25 - 30 °C ja korkeimmillaan 50-60 °C. (Pääkkönen, 2016)

Datakeskuksen tapauksessa kuivaamisratkaisut voivat olla haastavia logistisista syistä. Biomassat on kannattavampaa kuivata keruupaikalla, kun taas datakeskukset sijaitsevat yleensä kaupungeissa.

#### **4.4.2 Kasvihuoneet**

Datakeskuksen hukkalämpöä voidaan käyttää kasvihuoneiden lämpötilan säätelyyn. Kasvihuoneiden lämpötilaa pidetään yleensä noin 25 °C:ssa. Tähän asti kasvihuoneet on lämmitetty yleensä fossiilisia polttoaineita käyttäen. Datakeskusten hukkalämmöllä voitaisiin siis mahdollistaa ympärivuotinen kasvihuoneen toiminta.

Hyvä esimerkki datakeskushukkalämmön käytöstä kasvihuoneissa on Alankomaissa sijaitseva Agriport A7. Agriport A7 on 100 hehtaarin yrityskeskittymä, jossa lähekkäin sijaitsevat yritykset hyödyntävät toistensa sivutuotteita, jätteitä ja ylijäämiä. Näin vähennetään logistiikasta aiheutuvia päästöjä ja kustannuksia. Alueella sijaitsee Microsoftin konesali, jonka hukkalämpö ohjataan käytettäväksi muun muassa kasvihuoneissa tomaattien ja paprikoiden kasvattamiseen. Agriport A7 Kasvihuoneosa käsittää 850 hehtaaria (Greenhouse Park, 2018.)

Suomessa Helsingin yliopistolla on vastaava projekti. Viikin kampuksella sijaitsevan IT-salin hukkalämpö ohjataan Viikin tiedepuiston kasvihuoneiden lämmitykseen. (Leikas A. 2015.)

#### **4.4.3 Kalanviljely**

Kalanviljelyssä hukkalämmöllä voidaan säädellä veden lämpötilaa. Datakeskuk- sen hukkalämmön hyödyntämisen voidaan tässä tapauksessa katsoa toimivan samalla periaatteella kuin kaukolämmön paluuveden lämmityksen tapauksessa.

Kalankasvatuksessa ollaan siirtymässä vähemmän vesistöjä kuormittaviin ratkaisuihin. Uusien kiertovesitekniikoiden kehittyessä voidaan kalaa viljellä sisätiloissa kiertovesimenetelmällä. Kiertovesikasvattamoja Suomessa on vain muutama kappale. Kiertovesilaitoksissa on hyvä potentiaali erilaisiin symbioosiratkaisuihin, sillä ne kierrättävät jopa 99 % käytetystä vedestä. (The new recirculating aquaculture development environment in Laukaa gives new boost to fish farming, 2015.)

Suomessa esimerkiksi Carelian Caviar Oy:n sammenkasvattamo Varkaudessa käyttää hyväksi läheisen paperitehtaan hukkaenergiaa veden lämpötilan säätelyyn. Finnforellin lähelle rakennettava yksi Suomen suurimmista kalanviljelylaitoksista tulee myös käyttämään valmiina olevaa infrastruktuuria ja hukkalämpöä hyväksi omassa laitoksessaan. Toinen hyvä esimerkki symbioosista on myös Sybimarin Suomessa ainutlaatuinen suljetun kierron konseptilla toimiva kalan-

kasvattamo, jonka yhteydessä on kasvihuone. Laitos kierrättää niin jätteet, hukkaenergian, kuin ravinteet ja hiilidioksidin. (Itä-Suomen ympäristölupavirasto, 2006; SULJETUN KIERRON KONSEPTI, 2015)

#### **4.5 Kaupalliset mahdollisuudet**

Suomessa on valtavat kasvumahdollisuudet datakeskusteollisuudelle. Tällä hetkellä rakennusoikeuksia on myönnetty 36 paikalle, jotka käsittävät yhteensä yli 5 miljoonaa neliömetriä palvelintilaa ja 1500 MW sähkötehoa. Boston Consulting Groupin arvion mukaan 400 miljoonan euron investoinnilla voitaisiin luoda 4,500 ympärivuotista työpaikkaa. Kansantaloudelliset vaikutukset olisivat tällöin arvion mukaan miljardin euron luokkaa. (Finland's Giant Data Center Opportunity, 2015; Digital Infrastructure Economic Development. 2014.)

Tällä hetkellä yksittäiset suomalaiset yritykset ovat kuitenkin liian pieniä kilpailukseen kansainvälisiä yritys-jättejä vastaan datakeskusten rakennusoikeuksissa. Olisikin järkevää, että datakeskusteollisuuden ympärillä olevat toimijat yhdistäisivät voimansa ja loisivat tehokkaan ketjun, joka käsittäisi niin rakentajat, energian tuottajat kuin digitaaliset toimijat.

Datakeskusten hukkalämmön talteenotto ja tehokas käyttö riippuvat vahvasti siitä, nähdäänkö investointi tarpeellisena sekä taloudellisesti kannattavana. Hukkalämmön arvo on pitkälti kiinni siitä, missä hukkalämpö tuotetaan. Harvaan asutulla tyhjällä maalla lämmöllä ei ole arvoa, koska ei ole myöskään käyttäjiä. Järkevintä olisikin siis selvittää koko datakeskuksen lämmöntalteenotto- ja symbioosimahdollisuudet jo ennen rakentamista sekä etsiä mahdolliset hyödyntäjät

ja kumppanit jo suunnitteluvaiheessa. Konesalien hukkalämmön sekä ylipää-tään matala-asteisen lämmön hyödyntäminen voidaan kuitenkin laskea verrat-tain uudeksi teollisuuden osa-alueeksi, joka selittää sen, miksi aiemmin ei ole näin tehty.

#### **4.6 CO<sub>2</sub>-vaikutukset**

Palvelinsalit ovat energian suurkuluttajia. Leijonanosa energiankulutuksesta menee palvelimiin sekä tilojen jäähdytykseen. Datakeskusteollisuudesta aiheu-tuvat päästöt riippuvat pitkälti itse datakeskuksen sijainnista ja sitä myötä ener-giantuotantomenetelmästä ja siihen käytetystä polttoaineesta. Vesi- ja ydinvoi-man ollessa käytettävissä fossiilisten polttoaineiden sijaan hiilidioksidipäästöt ovat luonnollisesti pienemmät. Euroopan unionin ympäristöviraston vuonna 2007 tekemän ennusteen mukaan datakeskusten energiankulutus kasvaa noin 104 TWh:iin vuodessa vuoteen 2020 mennessä. Tällä hetkellä datakeskusteolli-suuden kasvihuonepäästöt lähentelevät lentoliikenteen päästöjen määrää. (Vaughan, A. 2015)

Kokonaisvaltaisessa datakeskuksen hiilidioksidipäästöjen arvioinnissa otetaan huomioon myös itse fyysisen rakennuksen rakennusmateriaalien valmistuk-sesta aiheutuvat päästöt. Itse datakeskukset ovat yleensä rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia. Schneider-Electricin teettämässä julkaisussa arvioidaan 1 MW ja 530 m<sup>2</sup> datakeskuksen rakennusmateriaaleihin olevan sidottuna yhteensä 128,3 tonnia hiilidioksidia. (Bouley, 2010)



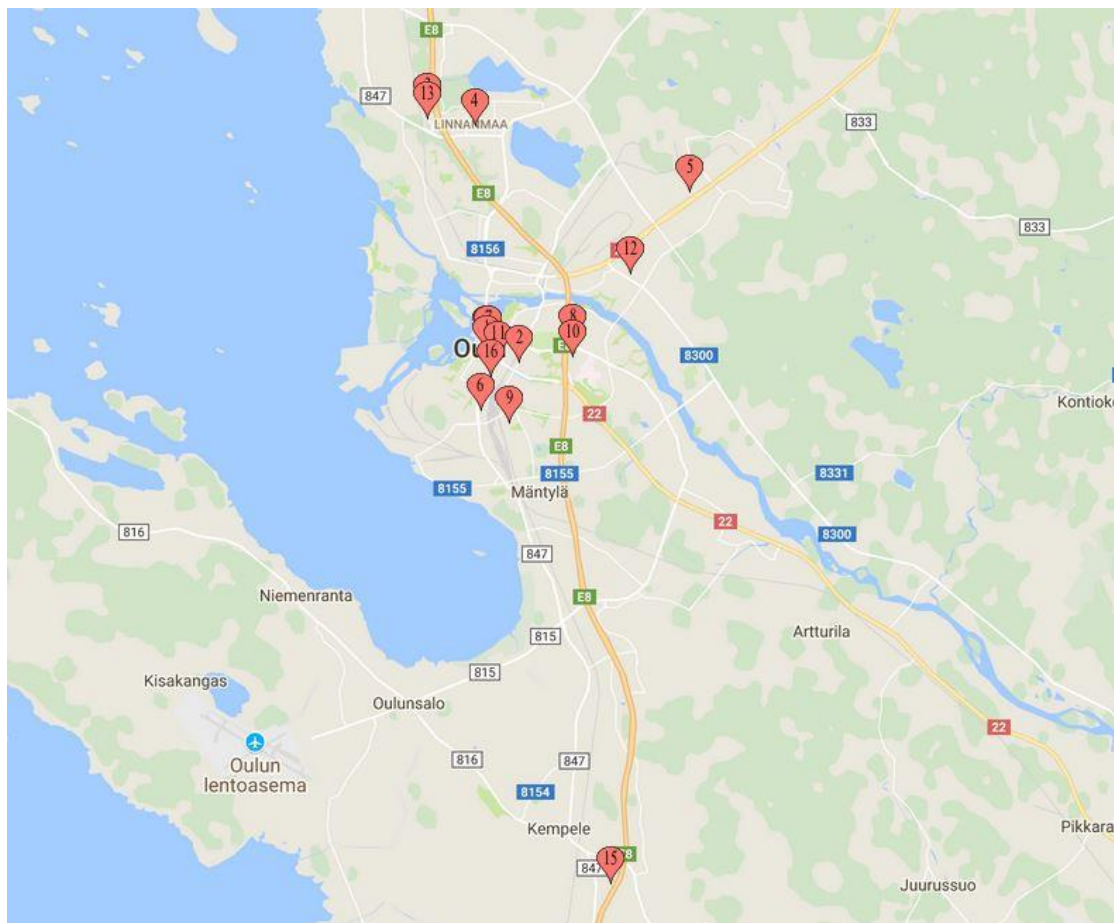
Hiilidioksidipäästöt datakeskusten hukkalämmön hyödyntämisessä kaukolämpötoiminnassa riippuvat polttoaineesta, jolla kaukolämpöä tuotetaan, ja kaukolämpöverkon teknisistä vaatimuksista. Datakeskus voi lämpöenergiallaan korvata osan energialaitoksen lämmöntuotannosta ja sinällään korvata energiantuotannossa käytettyjä polttoaineita. Esimerkkinä tästä voidaan pitää Mäntsälän datakeskusta, jolla on saatu tähän mennessä korvattua huomattava osa lämmöntuotannossa käytetystä maakaasusta. CO<sup>2</sup>-päästöt saatiin putoamaan jopa 40 %. Jatkossa palvelinkapasiteetin kasvaessa on ennustettu maakaasun käytöstä kokonaan luopumista. (Mäntsälässä hukkalämpö on arvokas energianlähde. 2016.)

Pohjois-Pohjanmaalla datakeskuksen hukkalämmöllä voitaisiin siis teoriassa korvata osa energiantuotannossa käytetystä turpeesta. Oulun kaukolämpö tuotetaan kuitenkin CHP-laitoksessa, jolloin korvattu lämpö olisi pois myös sähköntuotannosta eikä tämä olisi taloudellisesti kannattavaa energiantuottajalle.

## 5 POHJOIS-POHJANMAAN DATAKESKUSTEN KARTOITUS

Opinnäytetyön yhtenä keskeisenä tavoitteena oli selvittää datakeskusten lukumäärä Pohjois-Pohjanmaalla sekä kartoittaa niiden sijainnit. Datakeskuksen määrittely voi olla haastavaa, sillä mikä tahansa tila, jossa on palvelin ja kova-levy, voidaan määritellä datakeskukseksi. Tässä työssä kuitenkin keskityttiin kaupallisia palveluita tarjoaviin varsinaisiin datakeskuksiin.

Kartoituksessa kävi ilmi, että suurin osa konesaleista oli keskittynyt Oulun kaupungin alueelle. Tämä ei ole yllättävää, sillä datakeskukset sijoitetaan yleensä urbaaniin ympäristöön lähelle asiakkaita (kuva 9). Sijainnissa on myös yleisesti hyvä tietoliikenne- ja energiainfrastruktuuri sekä osaavaa työvoimaa saatavilla.



## *KUVA 9. Kartoitetut datakeskukset*

Karttaan merkityt datakeskukset numeroittain:

1. WhiteZone, Kirkkokatu 20
2. inData, Ratakatu 12
3. Oulu D.C, Elektroniikkatie 8
4. Nuventur, Paavo Havaksen tie
5. SystemaStore/Tietokeskus, Rautatienkatu 81
6. DNA Konesali, Torikatu 16
7. Tieto, Yrttipellontie 1
8. Netman, Poratie 7
9. ATEA, Kiviharjunlenkki 1
10. NETOX, Saaristonkatu 22
11. PiiMega, Lehtoroukuntie 14
12. Decens, Elektroniikkatie 3
13. Sentatel, Pääskyläntie 8B, Kempele

Datakeskusten hukkalämmön hyödyntämisen ollessa verrattain uusi ilmiö ei ole yllättävää, että Suomessa datakeskuksissa syntyvästä hukkalämmöstä vain murto-osaa hyödynnetään. Esimerkkejä tästä ovat Yandexin datakeskus Mäntsälässä sekä rakenteilla Helsingissä Uspenskin katedraalin alla oleva Equinixin datakeskus. Molemmissa tapauksissa hukkalämpö ohjataan kaukolämpöverkoon. Toinen edellä mainittuja yhdistävä tekijä on se, että hukkalämmön hyödyntäminen on otettu huomioon jo datakeskuksen suunnitteluvaiheessa.

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon määrällisesti hukkalämpöä syntyy datakeskuksista Pohjois-Pohjanmaan alueella ja miten sitä hyödynnetään. Pohjois-Pohjanmaan alueelle ei ole tähän mennessä saatu houkuteltua suuremman luokan datakeskusta. Olemassa olevat datakeskukset ovat pienempiä palvelinsaleja, jotka eivät hyödynnä tuottamaansa hukkalämpöä. Kartoitetut datakeskukset lämmitetään Oulun Energian kaukolämmöllä. Nämä pienemmät palvelinsalit toimivat pääasiassa vuokratiloissa, joten niiden hukkalämmön hyödyntämisen mahdollisuudet riippuvat pitkälti tilojen vuokraajasta.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että MW:n sähkötehoa kohti syntyy 1,2–1,3 MW:n lämpökuorma. Lämpökuorma syntyy suurimmaksi osaksi IT-laitteista.

Oulun Ruskoon on kuitenkin suunnitteilla sähköteholtaan alustavasti 2 MW:n datakeskus, jonka on tarkoitus vuokrata tilojaan eri toimijoille. Hankkeen takana on Proceed Consulting, jonka toimitusjohtajaa Petri Hyypää haastateltiin opin-  
näytetyötä varten.

## **5.1 Ruskon konesali**

Varaus datakeskukselle Oulun Ruskonselkään tehtiin vuonna 2015, samoihin aikoihin, kun varmistui Microsoftin konesalin sijoitus Oulun sijaan Uudellemaalle. Rakennus on tarkoitus aloittaa lähivuosina. Yhteistyötä tehdään Oulun Energian kanssa mutta mitään sitovia sopimuksia ei ole.

Tekniikaltaan datakeskus on hyvin samanlainen Yandexin Mäntsälän konesalin kanssa. Alustavasti on suunniteltu, että jäähdytys toteutetaan vapaajäähdytyksellä nestekierron kautta. Palvelintilojen lämpötila pidetään 23 - 27 °C:ssa ja itse palvelimien 30-40 °C:ssa. Palvelimien toiminnan kannalta nimenomaan lämpötilojen vaihtelu vähentää käyttöikää. Kiertoaineena toimisi pelkkä vesi eikä vesi - glykoli, kuten Mäntsälässä.

Myös hukkalämmön käyttömahdollisuuksia on kartoitettu. Kaukolämpöverkkoon liittämisen tekee haastavaksi osaltaan kaukolämmön alhainen hinta Oulussa sekä itse verkon tekniset vaatimukset. Kaukolämpöverkon paluupuoleen liittäminen on haasteellista veden korkeiden talvilämpötilojen vuoksi. Calefa Oy:n kanssa on kuitenkin selvitetty mahdollisia lämpöpumppuratkaisuja.

Myös muita potentiaalisia hukkalämmön käyttökohteita on pohdittu. Ruskossa on teollisuuskeskittymä, jolle lähilämmön tarjoaminen on yksi mahdollinen ratkaisu. Kasvihuoneen sijoittamista lähelle datakeskusta on myös selvitetty, mutta toimijoita ei ole vielä tähän mennessä löydetty.

Datakeskuksen toiminta on muuhun teollisuuteen verrattuna hyvin melupaata, eli lähelle voisi hyvinkin rakentaa asuinkiinteistöjä, joiden lämmityksen konesali voisi toteuttaa.

## 6 YHTEENVETO

Työssä oli tavoitteena kartoittaa datakeskusten sijainnit ja yhteystiedot, jakaa datakeskukset koon ja tekniikan mukaan sekä verrata ratkaisujen yhteneväisyyksiä ja eroja. Tavoitteena oli myös selvittää datakeskuksissa syntyvän hukkalämmön määrä, käyttömahdollisuudet ja kannattavuus sekä verrata ratkaisujen CO<sub>2</sub>-vaikutuksia. Työn on tarkoitus toimia alustavana tietopankkina Pohjois-Pohjanmaan datakeskuksista.

Pohjois-Pohjanmaalta kartoitettiin 13 kaupallisia palveluita tarjoavaa datakeskusta sekä yksi suunnitteilla oleva suurempi palvelinkeskustoimija. Jonkinlaisia palvelintiloja on todennäköisesti myös alueella toimivilla yrityksillä.

Kaikille kartoitetuille datakeskuksille lähetettiin kysely, jossa kysyttiin konesalin sähkötehoa, jäähdytystekniikkaa sekä hukkalämmön määrää. Kyselyyn ei kuitenkaan saatu vastauksia. Syynä saattoi olla ajankohta, joka sijoittui joulukuun loppuun ja tammikuun alkuun, sekä halu suojella oman yrityksen tietoja muilta kilpailijoilta. Halu olla kertomatta datakeskuksen tarkempia tietoja kävi useamman kerran ilmi opinnäytetyötä tehtäessä. Syy tähän saattaa löytyä tiukentuneesta tietoturvailmapiiiristä, palvelinhyökkäysten yleistymisestä tai digitaalisen yritysvalvontavaroituksen kasvusta.

Hukkalämmön käyttömahdollisuuksia selvittäessä kävi ilmi, että tällä hetkellä kannattavin ratkaisu on hyödyntää lämpöenergia omien tai välittömässä läheisyydessä olevien tilojen lämpötilan säätelyyn. Tällaiseen ratkaisuun sopivat hyvin esimerkiksi kasvihuoneet, kalanviljelylaitos, toimistot ja asuintalot. Kaukolämpöverkkoon liittämisen tekee haastavaksi osaltaan kaukolämmön alhainen hinta Oulussa, itse verkon tekniset vaatimukset. Nämä seikat voivat pidentää lämpöpumpun takaisinmaksuaikaa huomattavasti. Kannattavuus on kuitenkin tapauskohtaista. Oulussa kannattavuutta lisäisi kaukolämpöverkon kaksisuuntaisuus. Kaksisuuntaisessa kaukolämpöverkossa asiakas voi ostaa kaukolämpöä sekä myydä omaa ylijäämälämpöään. Tämä vaatii kuitenkin investointeja ja

muutoksia olemassa olevaan kaukolämpöverkkoon. Uudiskohteissa ratkaisu on helpommin toteutettavissa.

Työssä selvitettiin myös hukkalämmön hyödyntämistä jäähdytysjärjestelmissä. Pohjois-Pohjanmaan kohdalla järkevämmäksi tulee kuitenkin vapaajäähdytys, kun ulkoilman lämpötila on verrattain matala ympäri vuoden. Lisäksi järjestelmien hyödyntäminen vaatisi joka tapauksessa lämpöpumppuun investointia, jotta hukkalämmön lämpötila saataisiin nostettua. Järjestelmien matala hyötysuhde ei ainakaan lisää kannattavuutta.

Sähköntuotanto ORC-tekniikalla tai patterien lataamisessa osoittautui myös mahdolliseksi kohteeksi datakeskusten hukkalämmölle. ORC-laitokseen investointi ei kuitenkaan selvityksen perusteella ole kannattavaa pitkien takaisinmaksuaikojen vuoksi. Käytettävän lämmön tulisi olla käytännössä ilmaista, jotta investointi olisi kannattavaa. Tutkimukset patterien lataamisesta hukkalämmöllä ovat osoittautuneet lupaaviksi mutta eivät ole tällä hetkellä vielä realisoitavissa.

Opinnäytetyön aihe oli kiinnostava ja ajankohtainen. Datakeskusteollisuus on alati kasvava teollisuuden ala ja Pohjois-Pohjanmaalla on erinomaiset mahdollisuudet olla Suomen kärkitekijänä alalla. Olisi kuitenkin lisättävä mahdollisten toimijoiden tietoisuutta niin julkisella kuin yksityisellä tasolla. Teknologian kehittyessä ja energian hinnan noustessa aiemmin kannattamattomat järjestelmät saattavat muuttua houkuttelevimmaksi. Kaukolämpöverkon kaksisuuntaisuus voisi tehdä järkevämmäksi erilaiset paikalliset energiajärjestelmät jossa pientuottajat tarjoavat yhdyskunnan tarvitseman lämmön. Datakeskusten osalta Suomi ja Pohjois-Pohjanmaa tarvitsisi selkeän vision ja suunnitelman datakeskusteollisuuden kehittämiseksi. Tietynlaisesta pragmaattisuudesta luopuminen ja rohkeampi lähestyminen voisi antaa kauan kaivatun piristysruiskeen talouteen. Energiatehokkuus ja kiertotalouden teolliset symbioosit olisi kuitenkin järkevä ottaa entistä tarkempaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

## LÄHTEET

A Blueprint for Reducing Energy Costs in Your Data Center 2009. Hewlett-Packard. Saatavissa: [http://h71044.www7.hp.com/campaigns/ts-knowledgecenter/cis-cfs.php#section\\_white\\_papers](http://h71044.www7.hp.com/campaigns/ts-knowledgecenter/cis-cfs.php#section_white_papers). Hakupäivä 27.11.17.

Bouley, D. 2010 Estimating a Data Center's Electrical Carbon Footprint. Saatavissa: [http://www.apc.com/salestools/DBOY-7EVHLH/DBOY-7EV-HLH\\_R0\\_EN.pdf](http://www.apc.com/salestools/DBOY-7EVHLH/DBOY-7EV-HLH_R0_EN.pdf). Hakupäivä 16.02.18.

Chandler, D. 2014. A new way to harness waste heat. MIT News 21.05.2014. Saatavissa: <http://news.mit.edu/2014/new-way-harness-waste-heat-0521>. Hakupäivä 06.02.18.

Data Centre Risk Index 2016. Cushman & Wakefield. Saatavissa: <http://www.cushmanwakefield.com/en/research-and-insight/2016/data-centre-risk-index-2016/>. Hakupäivä 17.02.18.

Data Center Site Infrastructure Tier Standard 2010. Uptime Institute. Saatavissa: <http://www.gpxglobal.net/wpcontent/uploads/2012/08/tierstandardtopology.pdf>. Hakupäivä 05.12.18.

Digital Infrastructure Economic Development 2014. BCG. Saatavissa: [http://image-src.bcg.com/Digital-Infrastructure-Economic-Development-Jun-2014-Nordics\\_tcm22-29049.pdf](http://image-src.bcg.com/Digital-Infrastructure-Economic-Development-Jun-2014-Nordics_tcm22-29049.pdf) Hakupäivä 05.01.18.

Energiatehokas konesali 2011. MOTIVA. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/4828/Energiatehokas\\_konesali.pdf](https://www.motiva.fi/files/4828/Energiatehokas_konesali.pdf). Hakupäivä 07.11.17.

Eskonen, H. 2015. Miksi Google lämmittää Suomenlahtea? Datakeskusten hukkalämmöllä lämmittäisi ainakin miljoonan ihmisen omakotitalot. Yle 22.10.2015. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8398301>. Hakupäivä 13.02.18.



Finland's Giant Data Center Opportunity 2015. Oxford Research. Saatavissa: [http://oxfordresearch.info/media/241351/finland\\_s\\_giant\\_data\\_center\\_opportunity\\_final\\_version.pdf](http://oxfordresearch.info/media/241351/finland_s_giant_data_center_opportunity_final_version.pdf). Hakupäivä 06.12.17.

Florian H. 2009. Serverraum im CERN. Saatavissa: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CERN\\_Server\\_03.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CERN_Server_03.jpg). Hakupäivä 22.11.17.

Forman, C, Muritala, I, Pardeman, R, Meyer, B. 2015. Estimating the global waste heat potential. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115015750>. Hakupäivä 23.11.17.

Geographic Factors for Data Center Site Selection 2008. FORTRUST. Saatavissa: [https://www.eiseverywhere.com/file\\_uploads/703b7ba1a7e2bfcef1a1666465d490c0\\_FORTRUST.pdf](https://www.eiseverywhere.com/file_uploads/703b7ba1a7e2bfcef1a1666465d490c0_FORTRUST.pdf). Hakupäivä 21.01.18.

Greenhouse Park 2018. Agriport A7. Saatavissa: <http://www.agriporta7.nl/>. Hakupäivä 15.12.17.

Heino, J. 2015. Lumen varastointi ja hyödyntäminen tilojen jäähdytykseen, Case: Kone Oyj. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103389/Lumen%20varastointi%20ja%20hy%C3%B6dynt%C3%A4minen%20tilojen%20j%C3%A4hdytykseen,%20Case%20Kone%20Oyj.pdf?sequence=3>. Hakupäivä 27.11.17.

Itä-Suomen ympäristölupavirasto 2006. PÄÄTÖS. Saatavissa: <http://www.ym-paristo.fi/download/noname/%7B2EA95C45-3276-42ED-A68C-95A7289D49D2%7D/83439>. Hakupäivä 22.11.17.

Jäähdytysjärjestelmien energialaskentaopas 2011. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BB9D6D2F2-A816-4ECF-BE33-B8D56869253D%7D/30752>. Hakupäivä 06.11.17.

Kaukojäähdytystilastot 2016. Energiateollisuus. Saatavissa: [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukojaahdytys\\_2016\\_graafeina.html](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukojaahdytys_2016_graafeina.html). Hakupäivä 08.03.18.

Kaukolämpötilastot 2016. Energiateollisuus. Saatavissa: [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/tilastot/kaukolampotilastot](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/tilastot/kaukolampotilastot). Hakupäivä 08.03.18.

Kobiyama, M. 2008. Introduction of Snow Air-Conditioning System Used in Press Center of Hokkaido-Toya Lake Summit in 2008. Saatavissa: [https://intraweb.stockton.edu/eyos/energy\\_studies/content/docs/effstock09/Session\\_8\\_3%20Snow\\_and\\_Ice%20Applications/74.pdf](https://intraweb.stockton.edu/eyos/energy_studies/content/docs/effstock09/Session_8_3%20Snow_and_Ice%20Applications/74.pdf). Hakupäivä 11.02.18.

Kohopää, A. 2015. Lämmön pientuotannon ja pienimuotoisen ylijäämälämmön hyödyntäminen kaukolämpötoiminnassa. Saatavissa: [https://energia.fi/files/983/Lammon\\_pientuotannon\\_ja\\_pienimuotoisen\\_ylijaamalammon\\_hyodyntaminen\\_kaukolampotoiminnassa\\_Tutkimustiedote20150123.pdf](https://energia.fi/files/983/Lammon_pientuotannon_ja_pienimuotoisen_ylijaamalammon_hyodyntaminen_kaukolampotoiminnassa_Tutkimustiedote20150123.pdf). Hakupäivä 19.01.18.

Konesalien sähköveroon alennus 2014. Elinkeinoelämän keskusliitto. Saatavissa: <https://ek.fi/ajankohtaista/hyotytietoa-yrityksille/2014/03/31/konesalien-sahkoveroon-alennus/>. 14.01.18.

Konesalit Suomessa 2012. MarketVisio Gartner. Saatavissa: [http://www.rakli.fi/media/tapahtumien-aineistot/konesalien-rakentamisen-kehittaminen-12.5.2014/markkinat-konesalit\\_tyopaja\\_20140512\\_1.0.pdf](http://www.rakli.fi/media/tapahtumien-aineistot/konesalien-rakentamisen-kehittaminen-12.5.2014/markkinat-konesalit_tyopaja_20140512_1.0.pdf). Hakupäivä 22.11.17.

Lehtinen, M. 2014. Datakeskuksen arkkitehtuuri ja suunnittelu. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/76686/Lehtinen\\_Mikko.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/76686/Lehtinen_Mikko.pdf?sequence=1). Hakupäivä 28.11.17

Leikas A. 2015. Rakennusjätteen uudet ulottuvuudet – Kiertotaloudesta lisää kilpailukykyä. Rakennustekniikka 04.03.2015. Saatavissa: [https://issuu.com/rakennustekniikka/docs/rt1\\_15\\_e6f9ed73cd0a6e](https://issuu.com/rakennustekniikka/docs/rt1_15_e6f9ed73cd0a6e). Hakupäivä 14.12.17

Lämpöverkkoalue 2016. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/lampoa-kotiin/kaukolampoliittymat/lampoverkkoalue>. Hakupäivä 07.01.2017.

Merilä, M. 2016. Datakeskusten hukkalämmön talteenotto ja hyödyntäminen. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107194/Mar-kus%20Merila\\_Opinnaytetyo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107194/Mar-kus%20Merila_Opinnaytetyo.pdf?sequence=1). Hakupäivä 18.11.17.

Messer, A. 2014. Low-grade waste heat regenerates ammonia battery. Penn State News 03.12.2014. Saatavissa: <http://news.psu.edu/story/336898/2014/12/03/research/low-grade-waste-heat-regenerates-ammonia-battery>. Hakupäivä 08.02.18.

Muukkonen, J. 2010. Hukkalämpö hyötykäyttöön. Power & Automation 2/2010. ABB. Saatavissa: <http://www.abb.fi/cawp/seitp202/e60f38c751dcae1dc125782c002a745d.aspx>. Hakupäivä 22.01.18.

Mäntsälässä hukkalämpö on arvokas energianlähde 2016. Lähienergia. Saatavissa: <https://www.lahienergia.org/mantsalassa-hukkalampo-arvokas-energia-lahde/>. Hakupäivä 10.12.17.

Nordell, B, Skogsberg K. 2000. Snow Storage for Cooling of Hospital. Luleå University of Technology. Division of Water Resources Engineering. Sweden. Saatavissa: [ftp://mail.tech-env.com/pub/ENERGY/Eces14/Nordell\\_Skogsberg.PDF](ftp://mail.tech-env.com/pub/ENERGY/Eces14/Nordell_Skogsberg.PDF). 19.01.18.

Oulun keskustan kaukojäähdytys ei vielä ajankohtaista 2011. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/uutiset/oulun-keskustan-kaukojaahdytys-ei-viela-ajankohtaista>. 06.03.18.

PUE: A COMPREHENSIVE EXAMINATION OF THE METRIC 2012. Greengrid. Saatavissa: [https://datacenters.lbl.gov/sites/all/files/WP49-PUE%20A%20Comprehensive%20Examination%20of%20the%20Metric\\_v6.pdf](https://datacenters.lbl.gov/sites/all/files/WP49-PUE%20A%20Comprehensive%20Examination%20of%20the%20Metric_v6.pdf). Hakupäivä 27.11.17.

Pääkkönen P. 2016. Kuivuritekniikan selvitys. Saatavissa: <http://www.greenpolis.fi/wp-content/uploads/KUIVURITEKNIIKAN-SELVITYS-julkinen-v1.pdf>.

Hakupäivä 18.02.18.

Raise Your Data Center Temperature 2008. Google. Saatavissa: <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2008/10/14/google-raise-your-data-center-temperature>. Hakupäivä 15.12.17.

Selvarajan 2016, B. Data Center Cooling. Saatavissa: [http://itmt535-bajournal.blogspot.fi/2016/03/data-center-cooling\\_5.html](http://itmt535-bajournal.blogspot.fi/2016/03/data-center-cooling_5.html). Hakupäivä 16.02.18.

Story of C -Lion1 2016. Cinia. Saatavissa: <https://www.cinia.fi/en/services/international-connectivity-services/c-lion1-submarine-cable.html>. Hakupäivä 08.02.18.

SULJETUN KIERRON KONSEPTI 2015. SYBIMAR. Saatavissa: [http://www.sybimar.fi/suljetun\\_kierron\\_konsepti](http://www.sybimar.fi/suljetun_kierron_konsepti). Hakupäivä 23.11.18.

SUURET LÄMPÖPUMPUT KAUKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄSSÄ 2016. VALOR. Saatavissa: [https://energia.fi/files/993/Suuret\\_lampopumput\\_kaukolampojarjestelmassa\\_Loppuraportti\\_290816\\_paivitetty.pdf](https://energia.fi/files/993/Suuret_lampopumput_kaukolampojarjestelmassa_Loppuraportti_290816_paivitetty.pdf). Hakupäivä 14.02.18.

Sähkön alkuperä 2017. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/energia-ja-ymparisto/energiantuotanto/sahkon-alkupera>. Hakupäivä 06.03.18.

The new recirculating aquaculture development environment in Laukaa gives new boost to fish farming 2015. Luonnonvarakeskus LUKE. Saatavissa: <https://www.luke.fi/en/news/the-new-recirculating-aquaculture-development-environment-in-laukaa-gives-new-boost-to-fish-farming>. Hakupäivä 12.12.17.

Tuotannon hukkalämpö hyödyksi 2014. MOTIVA. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/8501/Tuotannon\\_hukkalampo\\_hyodyksi.pdf](https://www.motiva.fi/files/8501/Tuotannon_hukkalampo_hyodyksi.pdf). Hakupäivä 07.11.17.

Vapaajäähdytys 2012. Eneratest. Saatavissa: <http://www.eneratest.fi/teollisuus/vapaajaahdytys.html>. Hakupäivä 08.03.18.

Vaughan, A. 2015. How viral cat videos are warming the planet. The Guardian 25.09.2015. Saatavissa: <https://www.theguardian.com/environment/2015/sep/25/server-data-centre-emissions-air-travel-web-google-facebook-greenhouse-gas>. Hakupäivä 16.12.18.

Verkkovalvonnasta 2015. EFFI. Saatavissa: <https://effi.org/blog/2015-01-19-verkkovalvonnasta.html>. Hakupäivä 08.02.18.

Veräjäkörva, A. 2014. Eikä vielääkään kaukokylmää Ouluun. Yle 31.07.2014. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-7383829>. Hakupäivä 14.02.18.

Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen 2014. MOTIVA. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/teollisuus/ylijaamalammon\\_taloudellinen\\_hyodyntaminen\\_lampopumppu- ja\\_orc-sovellukset.10766.shtml](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/teollisuus/ylijaamalammon_taloudellinen_hyodyntaminen_lampopumppu- ja_orc-sovellukset.10766.shtml). Hakupäivä 07.11.17.